

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-235179

(43)Date of publication of application : 29.08.2000

(51)Int.Cl.

G02F 1/1335

G02F 1/13

G09F 9/00

(21)Application number : 11-113882

(71)Applicant : VICTOR CO. OF JAPAN LTD

(22)Date of filing : 21.04.1999

(72)Inventor : SUZUKI TETSUJI
NAKAGAKI SHINTARO
SHIMIZU SHIGEO

(30)Priority

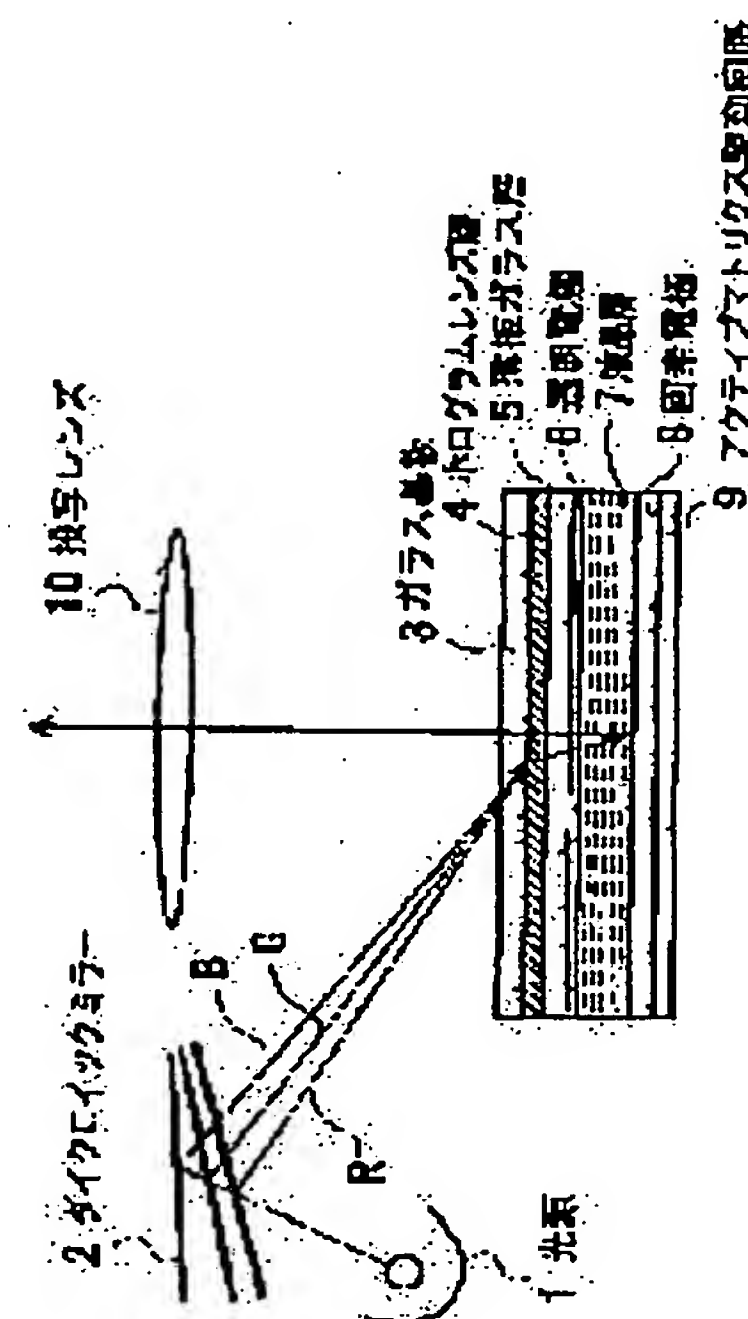
Priority number : 10113895 Priority date : 23.04.1998 Priority country : JP
10358107 16.12.1998 JP

(54) SPATIAL OPTICAL MODULATION ELEMENT AND COLOR DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a color display device having a spatial optical modulation element equipped with a hologram lens layer which can be produced in an easier process.

SOLUTION: This color display device is equipped with a light source 1 to emit white light, spectral means to resolve white light into color components of red(R), green(G), and blue(B) light, and a spatial optical modulation element. The spatial optical modulation element consists of a single hologram lens layer 4 which diffracts the light entering the spatial optical modulation element to a specified direction according to the incident angle and wavelength band of the incident light, and a liquid crystal panel having a liquid crystal layer which modulates the light entering the hologram lens layer 4 and emits the modulated light relating to the video signals of the respective colors. Each color light component of R, G, B entering the spatial optical modulation element through the spectral means enters the hologram lens layer 4 at a different incident angle from other colors.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

28.09.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3356714

[Date of registration]

04.10.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-235179

(P 2 0 0 0 - 2 3 5 1 7 9 A)

(43) 公開日 平成12年 8 月29日 (2000. 8. 29)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
G02F 1/1335		G02F 1/1335	2H088
1/13	505	1/13	2H091
G09F 9/00	331	G09F 9/00	331 A 5G435
	336		336 B
	360		360 Z

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全16頁)

(21) 出願番号 特願平11-113882

(22) 出願日 平成11年 4 月21日 (1999. 4. 21)

(31) 優先権主張番号 特願平10-113895

(32) 優先日 平成10年 4 月23日 (1998. 4. 23)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平10-358107

(32) 優先日 平成10年12月16日 (1998. 12. 16)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004329

日本ビクター株式会社

神奈川県横浜市神奈川区守屋町 3 丁目12番
地

(72) 発明者 鈴木 鉄二

神奈川県横浜市神奈川区守屋町 3 丁目12番
地 日本ビクター株式会社内

(72) 発明者 中垣 新太郎

神奈川県横浜市神奈川区守屋町 3 丁目12番
地 日本ビクター株式会社内

(74) 代理人 100083806

弁理士 三好 秀和 (外 9 名)

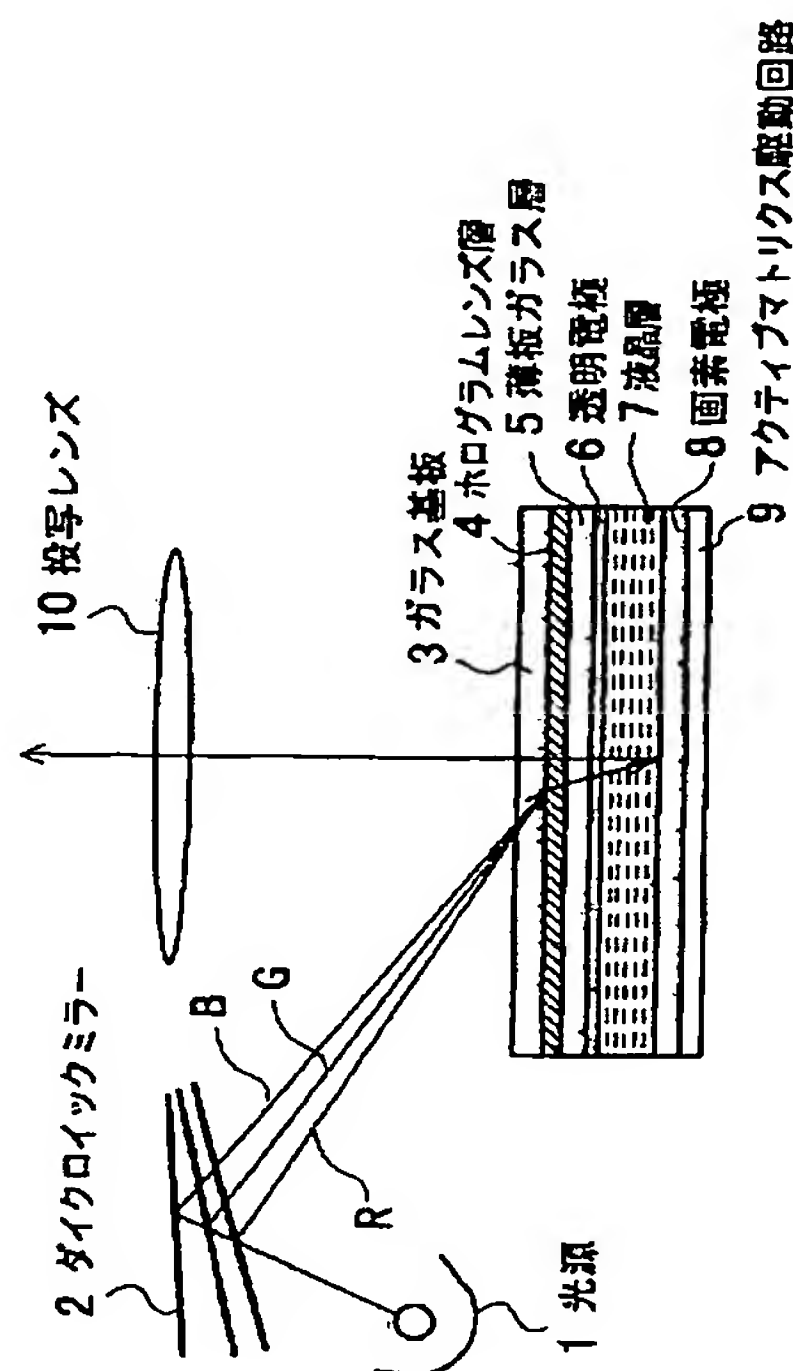
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 空間光変調素子とカラー表示装置

(57) 【要約】

【課題】 より簡易なプロセスで作製可能なホログラムレンズ層を備えた空間光変調素子を有するカラー表示装置を提供する。

【解決手段】 白色光を出射する光源と、前記白色光を赤色 (R) 光、緑色 (G) 光、青色 (B) 光の各色光成分に分光する分光手段と、空間光変調素子とを有するカラー表示装置であり、前記空間光変調素子が入射する光をその入射角度と波長帯域に応じた所定方向に回折出射する単一のホログラムレンズ層と、前記ホログラムレンズ層を介して入射する光を対応色の映像信号に係わる光変調を与えて出射する液晶層を備えた液晶パネルとを有するものであり、前記分光手段を介して前記空間光変調素子に入射される R 光、 G 光、 B 光の各色光成分が、各色光ごとに異なる入射角で前記ホログラムレンズ層に入射されることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 入射する光をその入射角度と波長帯域に応じて所定方向に回折出射する単一のホログラムレンズ層と、

前記ホログラムレンズ層を介して入射する光に対応色の映像信号に係わる光変調を与えて出射する光変調層とを有する空間光変調素子。

【請求項 2】 前記光変調層は、透明電極が形成された透明な一方の基板と、画素電極及び駆動回路層が形成された他方の基板との間に保持されていることを特徴とする請求項 1 に記載の空間光変調素子。

【請求項 3】 前記画素電極が、赤色対応画素電極、緑色対応画素電極、および青色対応画素電極を規則的に繰り返し配置せしめる平面構成を有するものであり、前記画素電極が、前記ホログラムレンズ層を介して出射される回折光の波長分散と、前記画素電極の対応色の並びとが、波長について同位相となるように配置されていることを特徴とする請求項 2 に記載の空間光変調素子。

【請求項 4】 前記ホログラムレンズ層が、入射する光の s 偏光波もしくは p 偏光波の内の一方の偏光波の回折効率を略最大としながら他方の偏光波の回折効率を低くするように、その回折効率が偏光成分に対し選択性を有することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 に記載の空間光変調素子。

【請求項 5】 白色光を出射する光源と、前記白色光を赤色 (R) 光、緑色 (G) 光、青色 (B) 光の各色光成分に分光する分光手段と、空間光変調素子とを有するカラー表示装置であり、前記空間光変調素子が、入射する光をその入射角度と波長帯域に応じて所定方向に回折出射する単一のホログラムレンズ層と、前記ホログラムレンズ層を介して入射する光に対応色の映像信号に係わる光変調を与えて出射する光変調層とを有するものであり、前記分光手段を介して前記空間光変調素子に入射される R 光、G 光、B 光の各色光成分が、各色光ごとに異なる入射角で前記ホログラムレンズ層に入射されることを特徴とするカラー表示装置。

【請求項 6】 前記空間光変調素子に備えられた光変調層は、透明電極が形成された透明な一方の基板と、画素電極及び駆動回路層が形成された他方の基板との間に保持されていることを特徴とする請求項 5 に記載のカラー表示装置。

【請求項 7】 前記空間光変調素子に備えられた前記画素電極が、赤色対応画素電極、緑色対応画素電極、青色対応画素電極を規則的に繰り返し配置せしめた平面構成を有するも

のであり、

前記画素電極が、前記ホログラムレンズ層を介して出射される回折光の波長分散と、前記画素電極の対応色の並びとが、波長について同位相となるように配置されていることを特徴とする請求項 6 に記載のカラー表示装置。

【請求項 8】 R 光、G 光、B 光の各色光成分が、前記ホログラムレンズ層に入射するに際し、前記 R 光、G 光、B 光の入射光の前記ホログラムレンズ層面法線からの倒れ角の絶対値が $R \text{ 光} > G \text{ 光} > B \text{ 光}$ の関係であることを特徴とする請求項 5 に記載のカラー表示装置。

【請求項 9】 前記空間光変調素子に備えられた前記ホログラムレンズ層が、入射する光の s 偏光波もしくは p 偏光波の内の一方の偏光波の回折効率を略最大としながら他方の偏光波の回折効率を低くするように、その回折効率が偏光成分に対し選択性を有することを特徴とする請求項 5 から 8 のいずれか 1 に記載のカラー表示装置。

【請求項 10】 さらに、投写レンズ系と、前記投写レンズ系を透過する光を写す投写面とを有し、前記ホログラムレンズで回折され、前記光変調層に入射し、ここで変調を受けた後、前記画素電極で反射され、再び前記ホログラムレンズ層に入射する光のうち前記ホログラムレンズ層で再び回折されずにそのまま透過した光を前記投写レンズ系により前記投写面に写し出すことを特徴とする請求項 6 ～ 9 のいずれか 1 に記載のカラー表示装置。

【請求項 11】 前記単一のホログラムレンズ層は、単位ホログラムレンズを面上に規則的に配列させたものであり、前記単位ホログラムレンズの焦点距離を f 、隣接する単位ホログラムレンズの中心間距離を H とするとき、焦点距離 f と距離 H との比 f/H が、 1.5 以上 2.5 以下である請求項 1 に記載の空間光変調素子。

【請求項 12】 前記各単位ホログラムレンズは、屈折率の異なる第 1 の層と第 2 の層とを面上に交互に配列した回折格子で形成され、レンズ中心表面での前記回折格子のピッチ p が、 $0.38 \mu\text{m}$ 以上 $0.48 \mu\text{m}$ 以下である請求項 11 に記載の空間光変調素子。

【請求項 13】 該単位ホログラムレンズの面法線に対する前記回折格子の傾き角 θ が、 25 度以上 35 度以下である請求項 11 に記載の空間光変調素子。

【請求項 14】 前記ホログラムレンズ層は、屈折率の異なる第 1 の層と第 2 の層とを面上に交互に配列した回折格子で形成される体積ホログラムであり、前記屈折率が異なる第 1 の層と第 2 の層の屈折率差が 0.04 以上であり、前記ホログラムレンズ層の厚みが $4.4 \mu\text{m}$ 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の空間光変調素子。

【請求項 15】 前記屈折率が異なる第 1 の層と第 2 の層の屈折率差が 0.05 以上 0.06 以下であり、ホログラムレンズ層の厚みが 1.9 μm 以上 3.6 μm 以下であることを特徴とする請求項 14 に記載の空間光変調素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ホログラムレンズ層を用いた空間光変調素子とこの空間光変調素子を用いたカラー表示装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 カラー表示装置では、カラーフィルタが必須の構成要素となる。従来のカラーフィルタは、顔料や染料を着色材として用い、光の三原色である R

(赤)、G (緑)、B (青) に対応するいずれかの波長域のみを選択的に透過する樹脂層で形成されていた。しかし、この従来のカラーフィルタでは、RGB に対応したフィルタを平面上それぞれ独立した領域に形成する必要がある。各領域のフィルタを透過できる光は、入射する白色光の内、RGB いずれか一色のみであり、それ以外 20 の光はフィルタに吸収される。また、画素サイズが小さくなると、各色光のフィルタは、各領域の境界部分で一部重なりあうように形成されるので、隣接領域との境界部には混色を避けるために通常ブラックストライプが設けられる。よって、カラーフィルタ全体としての光透過率が低く、原理的に光の利用効率を高くできないとともに、吸収された光は熱となり、表示特性の劣化要因となる虞がある。

【0003】 これに対し、最近、ホログラムレンズを用いたカラーフィルタ (以下、ホログラムカラーフィルタ 30 という。) の使用が検討されている。このホログラムカラーフィルタによれば、ホログラムの回折、分光機能により、一領域のホログラムカラーフィルタで、入射する白色光を RGB の三成分に回折、分光できる。このようなホログラムカラーフィルタの利用は、高い光利用効率を得ることが可能であるため、特にその改善が求められている投射型液晶表示装置に対し有効である。

【0004】 図 12 は、本願出願人による先願の公開公報 (特開平 9-189809) に開示した反射方式の投射型カラー液晶表示装置における空間光変調素子の構造 40 を模式的に表した装置断面図である。この空間光変調素子では、カラーフィルタとして、上述のホログラムカラーフィルタを用いている。同図において、11 は液晶パネル、12 は薄板ガラス層、13 はカラーフィルタ、14 はガラス基板、15 はカップリングプリズムである。

【0005】 液晶パネル 11 は、シリコン基板 21 と、そのシリコン基板 21 上に形成されたアクティブマトリクス駆動回路 22 と、そのアクティブマトリクス駆動回路 22 によって選択的に制御駆動される画素電極 23 50 r、23 g、23 b を規則的に配列せしめた画素電極層

23 と、誘電体ミラー膜 24 と、配向膜 25 と、スペーサで液晶を封止した光変調層 26 と、配向膜 27 と、透明な共通電極層 28 とを順に積層させた構造を有している。

【0006】 カラーフィルタ 13 は、単位ホログラムレンズを規則的に配列したいわゆるホログラムレンズアレイで構成されており、R、G、B の三原色を含んだ読み出し光 (白色光) を各色光毎に回折、分光し、液晶パネル 11 内の R、G、B に対応する画素電極 23 r、23 10 g、23 b の位置へ略垂直に集光する機能を有する。即ち、光束の主光線を画素電極 23 r、23 g、23 b に対して略垂直に入射させ、且つそのレンズ作用によって光束を画素電極 23 r、23 g、23 b に集束させることができる。従って、入射光を無駄なく利用した投射型カラー液晶表示装置を提供することができる。なお、同図に示すように、画素電極 23 上に誘電体ミラー膜 24 を備える場合は、集光先は誘電体ミラー膜 24 となる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 図 13 は、上述する図 12 の空間光変調素子におけるホログラムカラーフィルタの読み出し光 (白色光) の色分解原理を示す図である。同図に示すように、ホログラムカラーフィルタ 13 は、RGB の三原色光にそれぞれ対応する R 色用ホログラム 20 レンズ層 13 r、G 色用ホログラムレンズ層 13 g 及び B 色用ホログラムレンズ層 13 b が積層された構成を有する。一定角度でホログラムカラーフィルタ 13 に入射する白色光は、各層で対応波長光が回折、分光される。

【0008】 例えば、まず、第 1 の層 13 r で R 光成分が回折、分光され、次に第 2 の層 13 g で G 光成分が回折、分光され、さらに第 3 の層 13 b で B 光成分が回折、分光される。各層で分光、回折された RGB 各色光は、対応する画素電極 23 b、23 g、23 r 上に略集光される。

【0009】 このように、従来のホログラムレンズを用いた空間光変調素子では、RGB 三原色のそれぞれの色光に対応するホログラムレンズ層を一層ずつ備える必要がある。即ち、三層構造のホログラムレンズ層を使用していた。従って、その製造工程においては、3 種のホログラムレンズ層をそれぞれ作製する必要があり、さらに 40 この三層を積層する際には、各ホログラムレンズ層で回折、分光される光が対応画素電極上に集光されるように、三層の位置を高精度にアライメントする必要がある。よって、プロセス上の手間がかかり、プロセスコストが高くなるとともに、アライメント精度の問題から、高精細なカラー液晶表示装置を作製することは容易ではなかった。

【0010】 本発明の目的は、上述の課題に鑑みてなされたものであり、より簡易なプロセスで製造することが可能な空間光変調素子とこれを用いたカラー表示装置を提供することである。

【0011】さらに、本発明の別の目的は、上述する簡易なプロセスを用いて製造できる空間光変調素子において、良好な光利用効率と色再現性を兼ね添えるものを提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の請求項1に記載の空間光変調素子の特徴は、入射する光をその入射角度と波長帯域に応じて所定方向に回折出射する単一のホログラムレンズ層と、前記ホログラムレンズ層を介して入射する光に対応色の映像信号に係わる光変調を与えて出射する光変調層とを有することである。

【0013】上記請求項1の特徴によれば、前記ホログラムレンズ層は、入射する光をその入射角度と波長帯域に応じて所定方向に回折出射するので、三原色に係るR光、G光、B光を異なる入射角度で入射させれば、単一層のホログラムレンズでありながら、R光、G光、B光の各色光を所定方向に色分解することが可能である。ホログラムレンズ層が単一層で構成されるため、従来のように三層で構成する場合に比べ、積層に際する各層のアライメント作業が不要となり、作製工程が大幅に簡易化され、プロセスコストを安価にすることが可能となる。

【0014】なお、上記請求項1の空間光変調素子は、請求項2に記載するように、前記光変調層が、透明電極が形成された透明な一方の基板と画素電極及び駆動回路層が形成された他方の基板との間に保持されていてもよい。

【0015】また、請求項2に記載する空間光変調素子において、請求項3に記載するように、前記画素電極が、赤色対応画素電極、緑色対応画素電極および青色対応画素電極を規則的に繰り返し配置する平面構成を有するものであり、前記画素電極が、前記ホログラムレンズ層を介して出射される回折光の波長分散と、画素電極の対応色の並びとが、波長について同位相となるように配置されていてもよい。

【0016】このような画素電極の配置にすれば、ホログラムレンズ層を介して回折されるRGB三原色に係る各色光を対応色光の画素電極上に無理なく集光させることが可能となる。

【0017】また、上述する請求項1から3に記載される空間光変調素子において、請求項4に記載するように、前記ホログラムレンズ層が、入射する光のs偏光波もしくはp偏光波の内の一方の偏光波の回折効率を略最大としながら他方の偏光波の回折効率を低くするように、その回折効率が偏光成分に対し選択性を有するものであってもよい。

【0018】このような特性を有するホログラムレンズ層であれば、例えば反射型光変調素子において、ホログラムレンズ層でs偏光成分を主に回折出射して画素電極に集光させるとともに、途中光変調層で変調され、戻って来るp偏光成分についてはほとんど回折させずホログ

ラムレンズ層を透過させることができる。よって、高い光利用効率と高いコントラスト比を得ることが可能である。

【0019】本発明の請求項5に記載のカラー表示装置の特徴は、白色光を出射する光源と、前記白色光を赤色(R)光、緑色(G)光、青色(B)光の各色光成分に分光する分光手段と、空間光変調素子とを有するカラー表示装置であり、前記空間光変調素子が、入射する光をその入射角度と波長帯域に応じて所定方向に回折出射する単一のホログラムレンズ層と、前記ホログラムレンズ層を介して入射する光に対応色の映像信号に係わる光変調を与えて出射する光変調層とを有するものであり、前記分光手段を介して前記空間光変調素子に入射されるR光、G光、B光の各色光成分が、各色光ごとに異なる入射角で前記ホログラムレンズ層に入射されることである。

【0020】上記請求項5の特徴によれば、前記分光手段により、三原色に係るR光、G光、B光がそれぞれ異なる入射角度で前記ホログラムレンズ層に入射することができるとともに、前記ホログラムレンズ層は、入射する光をその入射角度と波長帯域に応じた所定方向に回折出射するので、単一層のホログラムレンズでありながら、R光、G光、B光の各色光に色分解できる。ホログラムレンズ層が単一の層で構成されるため、従来のように三層で構成する場合に比べ、作製するホログラムレンズ層が一層のみで済むとともに、積層に際する各層のアライメント作業が不要となり、作製工程が大幅に簡易化される。よって、カラー表示装置全体のコストとして安価なものを提供できる。

【0021】なお、上記請求項5のカラー表示装置において、請求項2から4に示す特徴を有する空間光変調素子を用いてもよい。

【0022】また、上記請求項5のカラー表示装置において、R光、G光、B光の各色光成分が、前記ホログラムレンズ層に入射するに際し、前記R光、G光、B光の入射光の前記ホログラムレンズ層面法線からの倒れ角の絶対値がR光>G光>B光の関係としてもよい。

【0023】さらに、上述するカラー表示装置において、投写レンズ系と、前記投写レンズ系を透過する光を写す投写面とを有し、前記ホログラムレンズで回折され、前記光変調層に入射し、ここで変調を受けた後、前記画素電極で反射され、再び前記ホログラムレンズ層に入射する光のうち前記ホログラムレンズ層で再び回折されずにそのまま透過した光を前記投写レンズ系により前記投写面に写し出すものであってもよい。

【0024】請求項11に記載するように、上記請求項1の空間光変調素子において前記単一のホログラムレンズ層は、単位ホログラムレンズを面上に規則的に配列させたものであり、前記単位ホログラムレンズの焦点距離をf、隣接する単位ホログラムレンズの中心間距離をH

とするとき、焦点距離 f と距離 H との比 f/H が 1.5 以上 2.5 以下であれば、高い光利用効率と良好な色再現性を得ることができる。特に、RGB に係る色光のうち G 光についての f/H を上記範囲とすれば、確実に高い光利用効率と良好な色再現性を得ることができる。なお、この場合の焦点距離 f 値は、空气中での距離に換算した値とする。

【0025】なお、請求項 12 に記載するように、上記請求項 11 の空間光変調素子において、前記単位ホログラムレンズが屈折率の異なる第 1 の層と第 2 の層を面上に交互に配列した回折格子を有し、レンズ中心表面での前記回折格子のピッチ p を $0.38\mu\text{m}$ 以上 $0.48\mu\text{m}$ 以下としてもよい。こうすれば、必然的に R 光、G 光、B 光の各入射光を s 偏光波の回折効率を略最大としながら p 偏光波の回折効率を低くしうる入射条件が導かれる。よって、反射型光変調素子として用いる場合において、ホログラムレンズ層で s 偏光成分を主に回折出射して画素電極に集光させるとともに、途中光変調層で変調され、戻って来る p 偏光成分についてはほとんど回折させずホログラムレンズ層を透過させることができるため、高い光利用効率と高いコントラスト比を得ることが可能となる。

【0026】また、請求項 13 に記載するように、上記請求項 11 の空間光変調素子において、該単位ホログラムレンズの面法線に対する前記回折格子の傾き角 θ を 25 度以上 35 度以下としてもよい。この場合は、R 光、G 光、B 光の各入射光を略垂直に射出する条件で、上述するような、回折効率が偏向成分に対し選択性を有する条件を導くことができる。

【0027】請求項 14 に記載するように、上記請求項 1 の空間光変調素子において、前記ホログラムレンズ層が、屈折率の異なる第 1 の層と第 2 の層とを面上に交互に配列した回折格子で形成される体積ホログラムであり、前記屈折率が異なる第 1 の層と第 2 の層の屈折率差が 0.04 以上、ホログラムレンズ層の厚みが $4.4\mu\text{m}$ 以下としてもよい。この条件下において、高い光利用効率を得るためのホログラムレンズ層の最適条件を導くことができる。

【0028】さらに、請求項 15 に記載するように、前記屈折率が異なる第 1 の層と第 2 の層の屈折率差を 0.05 以上 0.06 以下、ホログラムレンズ層の厚みを $1.9\mu\text{m}$ 以上 $3.6\mu\text{m}$ 以下とすれば、実用的な屈折率差を持つホログラムレンズ層で、高光利用効率を得るための最適なホログラムの厚み範囲であるため、より確実に高い光利用効率を提供できる。

【0029】

【発明の実施の形態】（第 1 の実施の形態）以下、本発明の第 1 の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0030】図 1 は、本発明の実施の形態に係る反射型

の空間光変調素子を用いた投写型カラー表示装置の構成を簡略に示す図である。

【0031】まず、本実施の形態に係る空間光変調素子が、図 12 に示す従来の空間光変調素子と大きく異なる点は、ホログラムレンズ層 4 が単一の層で構成されていることである。ホログラムレンズ層 4 以外の構成は、従来の空間光変調素子の構成とほぼ共通する。即ち、本実施の形態における空間光変調素子は、図中上からガラス基板 3 およびガラス基板 3 裏面に形成された単一の層であるホログラムレンズ層 4 と液晶パネルが積層された構造を有する。さらに、この液晶パネルは、薄板ガラス層 5 とこの裏面に形成される透明電極 6、光変調層である液晶層 7 と光反射面でもある画素電極 8 と、この画素電極を選択的に制御駆動するアクティブマトリクス駆動回路 9 等によって構成される。画素電極 8 とアクティブマトリクス駆動回路 9 は、シリコン基板（図示しない）上に形成され、このシリコン基板と上述する薄板ガラス層 5 とで液晶層 7 が保持される。なお、同図中配向膜や誘電体膜等についても図示を省略している。

【0032】上記構成の空間光変調素子の下、ホログラムレンズ層 4 を介して液晶層 7 に入射された光は、そこで必要に応じた変調をかけられた後、画素電極 8 面で反射され、入射方向とは逆の経路を経て空間光変調素子より射出され、途中投写レンズ 10 で拡大されスクリーン（投写面）に達することとなる。

【0033】また、本実施の形態に係るカラー表示装置構成では、従来の装置構成において使用していなかったダイクロイックミラー 2 を新たな構成要素として追加している。このダイクロイックミラー 2 は、光源 1 と空間光変調素子との間に配置され、光源 1 から発せられる白色光を RGB 三原色に分光するとともに、ホログラムレンズ層上のほぼ同一領域に集光させる機能を有する。

【0034】従来のカラー表示装置においては、図 5 に示すように、光源より発せられた光は、入射角の揃った白色光線としてホログラムレンズアレイ層に入射されていたのに対し、本実施の形態におけるカラー表示装置においては、白色光は予めダイクロイックミラー 2 で R 光、G 光、B 光に分光された形態でホログラムレンズ層にそれぞれ入射される。

【0035】図 2 は、本実施の形態に係る空間光変調素子における光分解原理を示す図である。説明の便宜のため、ここには空間光変調素子の構成としてホログラムレンズ層 4 と液晶層 7 および画素電極 8 のみを示している。

【0036】ダイクロイックミラー 2 で RGB 三原色に一旦分光された光は、ホログラムレンズ層 4 上の同一のホログラムレンズ単位領域に入射される。この時、ホログラムレンズ層 4 に入射される RGB 三原色に係る光は、各色光ごとに異なる入射角でホログラムレンズ層 4 に入射することとなる。

【0037】一般的なホログラムレンズの光回折特性により、入射角 θ で入射した特定波長 λ の光を回折角0度で出射するように設計されたホログラムレンズでは、入射光の入射角が θ からずれると、それに伴い回折角度も変わる。また、回折角度の変動は入射する光の波長にも依存しており、入射角 θ より小さい角度で入射する特定波長 λ より波長の短い光はマイナス(−)の回折角で射出し、入射角 θ より大きい回折角度で入射する特定波長 λ より波長の長い光はプラス(+)の回折角で射出する特性を示す。

【0038】即ち、図2に示すように、特定波長の光をG光とすれば、これより波長の短いB光は、マイナス(−)の回折角で射出し、波長の長いR光はプラス(+)の回折角で射出する。よって、同図に示すように、それぞれの色光成分の出射方向に対応する画素電極を配置すれば、カラー表示に必要な画素電極ごとの色分解が可能となる。

【0039】ここで、ホログラムレンズ層4として、膜厚 $4.3\mu\text{m}$ 、 $\Delta n=0.045$ 、入射角60度で入光する545nmの波長の光、即ちG光を回折角0度で出射するように設計したものを例に採り、その出射光の回折効率と入射角との関係をシミュレーションにより求めた結果を図3(a)～図3(c)に示す。

【0040】なお、 Δn とは、ホログラムレンズを構成する高屈折率層と低屈折率層の屈折率差を意味する。

【0041】図3(a)～図3(c)の各図は、横軸に波長、縦軸に光回折効率を示している。なお、図中実線で示される値は入射光としてs偏光光を用いた場合を示し、破線で示される値は入射光としてp偏光光を用いた場合を示す。

【0042】図3(b)に示すように、設計通り、入射角60度でホログラムレンズ層に入射された光は、G光である545nmの波長付近において最も高い回折効率を示し、他の波長域の光に対する回折効率は低い。

【0043】これに対し、図3(a)に示すように、同じホログラムレンズ層に入射角54度で入射した光では、B光である450nmの波長近傍において最大の回折効率を示し、それ以外の波長域の光に対する回折効率は低い。なお、このとき回折されるB光は約−5度の回折角方向に出射される。

【0044】また、図3(c)に示すように、同じホログラムレンズ層に入射角65度で入射した光は、R光である640nmの波長近傍に最も高い回折効率を有し、それ以外の波長域の光に対する回折効率は低い。このとき回折されるR光は約+6度の回折角方向に出射される。

【0045】従って、上述した設計値のホログラムレンズ層を用いた場合、ダイクロイックミラー2で分光されるRGBそれぞれの光の入射角を65度、60度、54度に設定すると、RGBそれぞれの色光を最も高い効率

で回折出射できる。

【0046】さらに、それぞれの入射角によって定まる出射方向の所定の位置に、対応する色光の各画素電極を配置すれば、従来の三層構造からなるホログラムカラーフィルタを用いた場合と同様にカラー表示に必要な色分解特性が得られる。このとき、回折光の波長分散と対応色の画素電極の配置とは、丁度波長において同位相となる関係にある。

【0047】例えば、ホログラムレンズ層の幅を、R対応、G対応、B対応の3画素電極を合わせた幅と同一とし、これを約 $30\mu\text{m}$ 程度とすると、ホログラムレンズ層中心より画素電極までの所定距離を約 $80\sim 100\mu\text{m}$ とする。なお、この距離は、ホログラムレンズの焦点距離に相当し、空気中の距離に換算すると約 $50\mu\text{m}\sim 70\mu\text{m}$ となる。

【0048】なお、図3(a)～図3(c)に示すシミュレーション結果からわかるように、上述する設計のホログラムレンズ層において、RGB光を略60度で入射した場合、p偏光光よりs偏光光において高い回折効率を得ることが可能である。よって、入射光としてs偏光光を利用できるように、例えば光入射側の空間光変調素子外部にs偏光成分を取り出せる偏光板(ポラライザ)を設置すれば、良好な光利用効率が確保できる。

【0049】また、ホログラムレンズ層4は、s偏光光の回折効率を略最大としながら、他方のp偏光光の回折効率を低くし、例えば入射角約60度において、その回折効率差が30%以上になるように設計することが好ましい。このように回折効率が偏光成分に対して選択性を有すれば、読み出し光中のs偏光成分を回折して画素電極8上に集光させるとともに、液晶層7で変調され、戻って来るp偏光成分についてはほとんど回折させずにホログラムレンズ層4を透過させ、投写光として利用できるので、高い光利用効率と高いコントラスト比を得ることが可能となる。

【0050】以上、説明するように、本実施の形態における空間光変調素子で用いるホログラムレンズ層は単一層であるが、予め、ダイクロイックミラー等を用いてRGBの各色光に分光した上、それぞれ所定の入射角でホログラムレンズ層に入射させることにより、従来の三層構造からなるホログラムカラーフィルタを使用した場合と同様に所定の画素電極上に対応色光の光を高い利用効率で集光させることができる。

【0051】また、ホログラムレンズ層が単一層で済むため、従来三層必要であったホログラムレンズ層の作製が一層分で済むとともに、三層のホログラムレンズ層を積層させる際のアライメント作業も不要となる。よって、大幅な作製工程の削減を図ることができる。

【0052】(第2の実施の形態) 第2の実施の形態では、第1の実施の形態にかかる単一のホログラムレンズ層を有する空間光変調素子において、良好な光利用効率

と良好な色再現性を確保しうる具体的な空間光変調素子の条件について説明する。

【0053】図4は、第2の実施の形態に係る空間光変調素子における光分解原理を示す図である。ここでは便宜上液晶層等の図示を省略し、ホログラムレンズ層4と画素電極8のみを示している。同図中、光は右上よりホログラムレンズ層4に入射させており、一見、その波長分散の位相は第1の実施の形態の場合と左右逆になっているが、基本的な光分解原理は図2に示すものとかかわらない。即ち、入射光であるR光、G光、B光はホログラムレンズ層の面法線からの倒れ角の絶対値は、R光>G光>B光の順となっている。画素電極は、対応色の並びが入射光の波長分散と同位相となるように、左側から「B（青）、G（緑）、R（赤）、B、G、R・・・」の順に並べている。

【0054】図2においては、R、G、Bの各色光を対応画素電極上で集光できるように図示しているが、実際には、G光が画素電極上で丁度焦点を結ぶように設計した場合、G光より波長の長いR光は、より大きく回折するためより短い距離で焦点を結び、G光より波長の短いB光はG光より回折角が小さいためより長い距離で焦点を結ぶことになる。この様子を図4に示している。

【0055】図5（a）は、本実施の形態において使用する単一ホログラムのレンズ中央の部分拡大図である。図5（b）は、さらにこのホログラムレンズ層4中央部の構造を示した拡大図である。但し、ピッチの変化量を強調して描いたものである。図5（b）に示すように、ホログラムレンズ層4は屈折率の異なる2種の樹脂層4a、4bを交互に配して構成した回折格子からなる。

【0056】同図に示すように、入射光の入射角を α 、回折光の回折角を β 、回折格子のレンズ表面におけるピッチをp、回折格子の傾き角を θ 、入射光の波長を λ とすると、ここで用いられるようないわゆる体積ホログラムでは、一般に以下の2式が成立する。

【0057】

$$\sin \alpha + \sin \beta = \lambda / p \quad (1)$$

$$\theta = \alpha - (\alpha + \beta) / 2 \quad (2)$$

よって、所定波長の光を所定方向に回折しようとする場合、上述する2式を考慮してホログラムレンズの種々の構成条件を定める必要がある。例えば、各波長の入射光を対応色光の画素電極上に集光させようとする場合は、上記式を満足するようなピッチp、回折格子の傾き角 θ を持つホログラムレンズの構成が必要となる。

【0058】すでに、第1の実施の形態において、図3を用いて説明したように、RGBそれぞれの光の入射角を65度、60度、54度に設定した場合において、RGBそれぞれの色光を最も高い効率で回折出射する。よって、図1に示すように、ダイクロイックミラーを用いて、R光、G光、B光の各入射角を65度、60度、54度となるように色分解した光をホログラムレンズに入

射させることが好ましい。

【0059】しかし、一般に光源として使用されるメタルハライドランプは、理想的な点光源とはなりえないため、レンズ系を介してホログラムレンズに入射する光は完全な平行光にはなりえず、これらの光は円錐状の広がりを持つ。この広がりにはコーンアングルとよばれ、例えば所定の入射角に対し ± 5 度の広がりを形成する。

【0060】このため、例えばG光の入射角を60度に設計しても実際の入射角度は55度～65度の広がりがある。R光、B光についても同様な入射角度の広がりがある。その結果、R光、G光、B光の各出射光は対応色光の画素電極上で完全に集光されず、隣接画素電極上にも及び、色再現性に問題を生じる場合も多い。

【0061】この色再現性は、図4において隣接しあう単位ホログラムレンズの中心と中心とを結ぶ距離を単位ホログラムレンズの周期H、G光の焦点距離をfとした場合に、焦点距離fと周期Hとの比「 f/H 」を変化させるとこれに伴い変動する。また、液晶表示装置では、より明るい画面を求めて、高い光利用効率が望まれるが、「 f/H 」の値の変化は、この光利用効率にも影響を与える。

【0062】即ち、良好な「光利用効率」と「色再現性」を有する空間光変調素子を得るには、上述した式（1）、式（2）、さらに「単位ホログラムレンズの周期H」、「G光の焦点距離f」等を考慮して空間光変調素子の構成条件を求めることが望ましい。

【0063】そこで、第2の実施の形態においては、回折格子のレンズ表面におけるピッチp、回折格子の傾き角 θ 、ホログラムレンズの周期H、焦点距離fをパラメータにとり、シミュレーションによって良好な「光利用効率」と「色再現性」を提供しうる単一ホログラム層を有する空間光変調素子の条件を求めた。図7の表および図8のグラフにその結果を示す。

【0064】なお、シミュレーションに用いたホログラムレンズへの入射光の条件は、図6に示す、条件I～条件IIIの3つの条件を用いた。図8に示すグラフの横軸は入射角、縦軸は正規化した入射光強度を示す。条件Iは、図6（a）に示すように、B光の設計入射角を46度、G光の設計入射角を50度、R光の入射角を53度、各色光のコーンアングルを ± 5 度とする条件である。条件IIは、図6（b）に示すように、B光の設計入射角を54度、G光の設計入射角を60度、R光の入射角を64度とし、各色光のコーンアングルを ± 5 度とする条件である。さらに、条件IIIは、図6（c）に示すように、B光の設計入射角を63度、G光の設計入射角を70度、R光の入射角を76度、各色光のコーンアングルを ± 5 度とする条件である。

【0065】なお、本実施の形態においては、製造工程や構成をより簡易なものとすべく、図4に示すように、画素ピッチと単位ホログラムレンズの周期Hのサイズを

合わせた構成を採用し、例えばホログラムレンズの周期 H は画素ピッチサイズにあわせ $30\ \mu\text{m}$ としてシミュレーションを行った。なおこのときの屈折率差 Δn は 0.045 、ホログラムレンズ層の厚みは $3.5\ \mu\text{m}$ とした。

【0066】また、G 光については、単位ホログラムレンズ中心において回折角を 0 度とする条件を選択した。即ち、条件 I では入射角 50 度の G 光を、条件 I I では入射角 60 度の G 光を、条件 I I I では入射角 70 度の G 光をそれぞれ単位ホログラムレンズ中心で、回折角 0 度で回折射出させる条件とした。

【0067】なお、図 7 の表において、回折格子のピッチ P と回折格子の傾き角度 θ は、単位ホログラムレンズの中心における値である。また、実際の空間光変調素子では、ホログラムレンズ層と画素電極間にはガラス層や液晶層が備えられるが、ここで示す焦点距離「 f 」値は空気換算した数値である。また、「 E 」はシミュレーションにより求めた光利用効率であり、 ΔXY はシミュレーションより求めた「色再現性」である。なお、色再現性については、色再現性が最も不足する R 色光について理想色度からのずれ量を色度座標より読みとった ΔXY 値を示した。なお、 ΔXY の値の横には実用的な観点より色再現性を「良好○」「適当△」「不良×」の三段階に分け、レベル表示をしている。

【0068】図 8 は、図 7 に示すシミュレーションの結果のうち、ホログラムレンズ焦点距離 f とホログラムレンズ周期 H との比「 f/H 」と光利用効率「 E 」および色再現性「 ΔXY 」の関係をグラフ化したものである。横軸に「 f/H 」、縦軸に「 E 」および「 ΔXY 」をとる。以下、これらのシミュレーションから得られた結果について述べる。

【0069】（色再現性について）図 8 に示すように、色再現性 ΔXY は f/H の値の増加に対しすり鉢状の変化を示す。即ち色再現性の値は、 f/H の上昇に伴い一旦低減するがその後上昇する。色再現性は、 ΔXY の値が低い程良好であり、 ΔXY が最小値を採る f/H の値は、条件 I の場合は約 2.1 、条件 I I の場合は約 2.2 、条件 I I I の場合は約 1.9 である。

【0070】図 8 に示すように、 f/H を 1.5 以上 2.5 以下の範囲（図中範囲 A）とする場合において、実用上問題ないと思われる 0.08 以下の色再現性（ ΔXY ）を得ることができる。さらに、好ましくは f/H を 1.8 以上 2.2 以下の範囲（図中範囲 B）とする場合において、 0.06 以下の良好な色再現性（ ΔXY ）を得ることができる。

【0071】なお、 f/H を 1.5 より小さくすると、レンズ中心と B 色対応画素電極のなす角度に対し、入射光である B 光が回折する角度が浅くなるため、B 光の回折光が隣接する G 色対応画素電極まではみ出して、あるいは R 光が隣接する G 画素にはみ出して混色が起こり易

くなることが色再現性の劣化につながっているものと予想される。

【0072】また、最終的に画素で変調された光を投射レンズでスクリーン上に投射する場合に角度がつきすぎると、投射レンズで拾えない光束が増え、実質的な光利用効率も大きく劣化する。さらに、光源に用いるメタルハライドランプは、そもそも G 光に高い発光強度を持つ分光特性を有しているが、 f/H が小さくなることにより回折角度が浅くなる光成分の多くはもともと光量が不足気味の R 光、B 光である。このため、R 光、G 光、B 光の白色バランスはますます悪化する。

【0073】一方、 f/H が 2.5 より大きくなると、レンズ中心と G 色対応画素電極のなす角度に対し、G 光の回折角が広くなり、隣接画素電極上に G 光がはみ出しやすくなる。また、レンズ中心と B 画素とのなす角度が B 光の回折角より浅くなるため B 光の回折光が隣接する画素電極上にまではみ出して、混色が起こり易くなるため色再現性が劣化する。

【0074】（光利用効率について）光利用効率 E は、 f/H 数値を増加させるに従いリニアに上昇する。例えば f/H が 2.0 のとき、 50% 以上の高効率の光利用効率 E を得ることができる。ただし、この値を越える f/H では光利用効率 E の上昇はやや緩慢なものとなる。

【0075】従来の光吸収型のカラーフィルタを用いた液晶表示装置においては、RGB 各色光ごとにフィルターが設けられるため、原理上最大でも入射光の $1/3$ しか使用できない。また、光の混色を防ぐために各画素の周囲にブラックストライプを設ける場合は、さらにその部分での入射光の吸収のため、光利用効率が低下する。また、フィルターの透過率も各対応色光を 100% 透過できるわけではない。よって、光利用効率は最大でも 30% に満たない。

【0076】このような従来のカラーフィルタを用いた場合を考慮すれば、図 8 に示すように、本実施の形態においては f/H を 1.33 とする場合に、約 33% の光利用効率 E を得ることができ、従来のカラーフィルタに比較すると十分に高い光利用効率を得られているといえる。また、さらに f/H の値を高くすれば、より高い光利用効率 E を得ることができる。

【0077】上述したように f/H を 1.5 以上 2.5 以下とする条件では、実用上問題のない色再現性が得られるが、この条件下において十分に高い光利用効率 E を得ることができる。

【0078】（その他）図 6 (a) ~ 図 6 (c) に示すように、上記シミュレーションにおいては、G 光の入射角として 50 度、 60 度、 70 度の条件を選択したが、第 1 の実施の形態においても言及したように、本願発明者等のこれまでの検討によれば、G 光の入射角を 50 度以上 70 度以下、好ましくは 60 度とすれば、p 波回折効率に対して、高い s 波回折効率を得ることができる。

このように回折効率が偏光波の種類に対し選択性を有する空間光変調素子を反射型の液晶表示装置に使用する場合において、読み出し光中の s 偏光成分を回折して画素電極 8 上に集光させるとともに、液晶層 7 で変調され、戻って来る p 偏光成分についてはほとんど回折させずにホログラムレンズ層 4 を透過させ、投写光として利用できる、高い光利用効率と高いコントラスト比を得ることが可能となる。

【0079】また、入射光の入射角が 70 度を越えると、ホログラムレンズに対し水平に近い角度から光源の光が入射されることとなりホログラムレンズ表面での反射率が增大するため、照明効率そのものが低下し、実用上使用に適さない。

【0080】このように高い光利用効率と高いコントラストを得るには、入射光の入射角条件を一定範囲とすることが望ましいが、上述した関係式 (1) (2) から導かれるように、単位ホログラムレンズの回折格子のピッチ P や回折格子の傾き角 θ を一定範囲に定めることにより、入射角条件を規定することができる。

【0081】例えば、ホログラムレンズの中央の回折格子のピッチを約 $0.42 \mu\text{m}$ とすれば、G 光の入射角を 60 度とすることができる。また、回折格子のピッチを約 $0.38 \mu\text{m}$ とすれば、G 光の入射角を 70 度とすることができる。このように単位ホログラムレンズの回折格子のピッチを $0.38 \mu\text{m}$ 以上 $0.42 \mu\text{m}$ 以下に定めれば、高い光利用効率と高いコントラスト比を得ることができる入射光の入射条件を導くことができる。また、単位ホログラムレンズ中心での各回折格子の傾き角 θ を 25 度以上 35 度以下とすることによっても高い光利用効率と高いコントラスト比を得ることができる入射光の入射条件を導くことができる。

【0082】なお、上述したシミュレーション結果は、実際に作製した空間光変調素子においてもほぼ同様の結果を得ることができた。

【0083】このように、 f/H を 1.5 以上 2.5 以下とする条件で作製した単一ホログラム層を有する空間光変調素子は、構成が簡易で、製造コストが安価であるばかりでなく、良好な光利用率と色再現性を充足する。さらに、単位ホログラムレンズの回折格子のピッチを $0.38 \mu\text{m}$ 以上 $0.42 \mu\text{m}$ 以下、あるいは、単位ホログラムレンズ中心での各回折格子の傾き角 θ を 25 度以上 35 度以下とする条件で空間光変調素子を作製すれば、より高い光利用効率と高いコントラスト比を得ることもできる。

【0084】なお、本願発明者等の検討により、上述したようなシミュレーションから得られた結果は、実際に作製した空間光変調素子でもほぼ一致することが確認された。

【0085】(第 3 の実施の形態) 第 3 の実施の形態は、第 1 の実施の形態にかかる単一のホログラムレンズ

層を有する空間光変調素子において、良好な光利用効率を確保しうる具体的な条件に関する。特にここでは、ホログラムレンズ層に注目し、高い光利用効率を得るための屈折率差 Δn と層の厚みの適切な条件について説明する。

【0086】本実施の形態において使用されるホログラムレンズ層は、図 5 (b) に示すように、屈折率の異なる 2 種の透明材質 4 a、4 b を交互に配置した回折格子からなるいわゆる体積ホログラムである。このホログラムレンズ層の回折特性は、2 種の透明材質の屈折率差 Δn およびホログラムレンズ層の厚みにも依存する。

【0087】そこで、第 1 の実施の形態に係る空間光変調素子の光利用効率が、ホログラムレンズ層の厚みと屈折率差 Δn を変化させた場合どのような影響を受けるかをシミュレーションし、高い光利用効率を得るための最適なホログラムレンズ層の条件を求めた。なお、このシミュレーションにおいて、空間光変調素子の構成や入射光の条件、回折格子のピッチ P や回折格子の傾き角度 θ 等は、第 1、第 2 の実施の形態を参考に所定の値に固定した。

【0088】図 9 は、ホログラムレンズ層の屈折率差 Δn をパラメータにとり、各ホログラムレンズ層における層の厚みと光利用効率の関係を示したグラフである。

【0089】同グラフより、光利用効率は、ホログラムレンズ層の厚みの増大に対し山なりの変化を示し、各屈折率差に応じてある厚みで最大値をとることがわかる。なお、グラフ中の光利用効率の値は、屈折率差 Δn が 0.06 の場合における最大光利用効率を 1 に正規化したものである。

【0090】一般に体積ホログラムレンズ層の厚みの増加に従い、回折効率の値は波うちの変化を示すことが予想されるため、光利用効率もこれに伴い、さらに層の厚みを増せば、再び上昇することが考えられる。しかし、ホログラムレンズ層が厚くなると、ホログラムレンズ層の作製工程に伴う露光、加熱工程において、厚み方向に均一なホログラムレンズ層の作製が困難になる等のプロセス上の問題が生じやすい。また、厚いホログラムレンズ層は好ましくない多次モード光の発生等により実質的な回折効率の低下も予想される。よって、グラフ中に示すようなホログラムレンズ層の厚み範囲で最も高い光利用効率を示すホログラムレンズ層の厚みとすることが好ましいと考えられる。

【0091】また、同グラフより、屈折率差 Δn が大きい程、高い最大光利用効率を示す傾向にあることがわかる。例えば、屈折率差 Δn が 0.06 のときの最大光利用効率を 1 とすると屈折率差 Δn が 0.035 と小さい場合の最大光利用効率は約 0.8 程度となる。よって、高い光利用効率を得るためには、屈折率差 Δn が大きいホログラムレンズ層を用いるほど好ましいと言える。また、0.035 以上の Δn において高い光利用効率を得

るにはホログラムレンズ層の厚みを $5 \mu\text{m}$ 以下にすることが望ましい。

【0092】しかし、屈折率差 Δn はホログラムレンズ層の材料となるフォトポリマーの組成により決まり、材料の作り易さ等の点から実質的に限界があるのでむやみに大きい値を求めても実現できない。例えば、屈折率差 Δn が大きい程、光利用効率が最大値をとるホログラムレンズ層の最適厚みは薄くなる傾向にあるが、薄過ぎるホログラムレンズ層は、厚み方向のフォトポリマーの色素量が少ない等の理由によりプロセスの困難性が増してしまう。よって、実用上使用できるホログラムレンズの屈折率差 Δn はここに示すような 0.06 またはせいぜい 0.1 以下に留まるだろう。

【0093】このように、高い光利用効率を得るためには屈折率差 Δn が 0.04 以上で実用的な範囲のホログラム材料を使用することが好ましい。また、この場合、ホログラムレンズ層の厚みを $4.4 \mu\text{m}$ 以下の条件を目安として用いるのが望ましい。この条件下であれば、光利用効率を最大とする最適なホログラムレンズ層の厚み条件を見いだすことができる。

【0094】以下、図 10 (a) ~ 図 11 (b) は、光利用効率とホログラムレンズ層の厚みの関係を屈折率差 Δn の範囲をより細分化して、各屈折率差 Δn ごとに示したものである。それぞれのグラフで、最大光利用効率を 1 に正規化した。

【0095】まず、図 10 (a) に示すように、屈折率差 Δn が 0.04 以上 0.045 未満のときは、光利用効率が最大となるのはホログラムレンズ層の厚みを約 $3 \sim 3.5 \mu\text{m}$ とした場合である。この場合、良好な光利用効率といえる最大光利用効率の 0.9 以上の効率を達成しうるホログラムレンズ層の厚み条件は約 $2.4 \mu\text{m}$ 以上 $4.4 \mu\text{m}$ 以下である。

【0096】図 10 (b) に示すように、屈折率差 Δn が 0.045 以上 0.05 未満のときは、光利用効率が最大となるのはホログラムレンズ層の厚みを約 $3.0 \mu\text{m}$ とした場合であり、この最大光利用効率の 0.9 以上の効率を達成するにはホログラムレンズ層の厚みを約 $2.2 \mu\text{m}$ 以上 $4.0 \mu\text{m}$ 以下とすればよいことがわかる。

【0097】次に、図 11 (a) に示すように、屈折率差 Δn が 0.05 以上 0.055 未満のときは、光利用効率が最大となるのはホログラムレンズ層の厚みを約 $2.8 \sim 2.9 \mu\text{m}$ とした場合であり、この最大光利用効率の 0.9 以上の効率を達成しうるホログラムレンズ層の厚み条件は約 $2.0 \mu\text{m}$ 以上 $3.6 \mu\text{m}$ 以下である。

【0098】図 11 (b) に示すように、屈折率差 Δn が 0.055 以上 0.06 未満のときは、光利用効率が最大となるのはホログラムレンズ層の厚みが約 $2.5 \mu\text{m}$ の場合であり、この最大光利用効率の 0.9 以上の効率を達成するにはホログラムレンズ層の厚みを約 1.9

μm 以上 $3.4 \mu\text{m}$ 以下とすればよい。なお、屈折率差 Δn が 0.06 以上のときは、最大光利用効率の 0.9 以上の効率を達成するにはホログラムレンズ層の厚みを $3.2 \mu\text{m}$ 以下とすればよい。

【0099】以上に説明するように、使用するホログラムレンズ層の屈折率差 Δn とホログラムレンズ層の厚みの最適化を図ることにより、高い光利用効率を得ることができる。特に、当該ホログラムレンズ層として屈折率差 Δn が 0.04 以上の体積ホログラムを用いるときは、ホログラムレンズ層の厚みを $4.4 \mu\text{m}$ 以下の範囲で高い光利用効率を得る最適なホログラムレンズの厚み条件を得ることができる。

【0100】なお、確実に高い光利用効率を得るには、図 9 のグラフからもわかるように、 0.05 以上 0.06 以下の実用的な範囲における高い屈折率差 Δn を有するホログラムレンズ層を用いるのが好ましい。また、これらのホログラムレンズ層を用いる場合は、図 11

(a)、図 11 (b) のグラフからわかるように、ホログラムレンズ層の厚みを $1.9 \mu\text{m}$ 以上 $3.6 \mu\text{m}$ 以下とすれば、良好な光利用効率を得ることができる。

【0101】以上、第 1 ~ 第 3 の実施の形態に沿って本発明の内容について説明したが、本発明は上述の実施の形態に限定されるものではない。例えば、上述の空間光変調素子では反射型を例示しているが、透過型の空間光変調素子の場合についても応用できる。また、光源から発せられた光を RGB 三原色に分光する手段として、上述の例ではダイクロイックミラーを使用しているが、これをホログラムレンズ等で置き換えることも可能である。さらに、画素電極の平面配置については、特に図示していないが、一般に用いられているようなストライプ型やモザイク型の種々の配列を採用することもできる。また、画素サイズ等についてもシミュレーションで用いたサイズに限定されるものではない。

【0102】

【発明の効果】本発明の空間光変調素子は、入射する光をその入射角度と波長帯域に応じて所定方向に回折射出する単一のホログラムレンズ層と、前記ホログラムレンズ層を介して入射する光に対応色の映像信号に係わる光変調を与えて出射する光変調層とを有することを特徴とする。

【0103】また、本発明のカラー表示装置は、上述する本発明の空間光変調素子に加え、白色光を出射する光源と、前記白色光を赤色 (R) 光、緑色 (G) 光、青色 (B) 光の各色光成分に分光する分光手段とを有しており、前記分光手段を介して前記空間光変調素子に入射される R 光、G 光、B 光の各色光成分が、各色光ごとに異なる入射角で前記ホログラムレンズ層に入射されることを特徴とする。

【0104】上記本発明の空間光変調素子とこれを含むカラー表示装置によれば、ホログラムレンズ層が、入射

する光をその入射角度と波長帯域に応じた所定方向に回折出射するので、前記分光手段により、三原色に係る R 光、G 光、B 光がそれぞれ異なる入射角度で前記ホログラムレンズ層に入射されることにより、単一層のホログラムレンズでありながら、R 光、G 光、B 光の各色光を入射角に応じ所定方向に色分解し、従来のホログラムカラーフィルタと同様の機能を発揮することが可能である。ホログラムレンズ層が単一層で構成されるため、従来のように三層で構成する場合に比べ、積層に際する各層のアライメント作業が不要となり、作製工程が大幅に簡易化され、プロセスコストを安価にすることが可能となる。よって、カラー表示装置全体のコストとしても安価なものを提供できる。

【0105】さらに、当該ホログラムレンズ層が、微小な単位ホログラムレンズを面上に連続配列したものであり、前記単位ホログラムレンズの焦点距離を f 、隣接する単位ホログラムレンズの中心間距離を H とするとき、焦点距離 f と距離 H との比 f/H を 1.5 以上 2.5 以下とすれば、高い光利用効率と良好な色再現性を得ることができる。

【0106】当該ホログラムレンズ層として屈折率差 Δn が 0.04 以上の体積ホログラムを用いるときは、ホログラムレンズ層の厚みを $4.4 \mu\text{m}$ 以下とすることで、高い光利用効率を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態に係るカラー表示装置の構成を簡易に示した構成図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施の形態に係る空間光変調素子における光分解原理を示す図である。

【図 3】本発明の第 1 の実施の形態に係るホログラムレンズ層における入射光の各入射角に対する回折効率の波長依存性を示すグラフである。

【図 4】本発明の第 2 の実施の形態に係る空間光変調素

子における光分解原理を示す図である。

【図 5】本発明の第 2 の実施の形態に係る単一ホログラムのレンズ中央の部分拡大図である。

【図 6】本発明の第 2 の実施の形態に係るシミュレーションに使用する入射光の条件を示すグラフである。

【図 7】本発明の第 2 の実施の形態に係るシミュレーション結果を示す表である。

【図 8】本発明の第 2 の実施の形態に係るシミュレーション結果を示すグラフである。

【図 9】本発明の第 3 の実施の形態に係るホログラムレンズ層の厚みと光利用効率の関係を示すグラフである。

【図 10】本発明の第 3 の実施の形態に係る所定の屈折率差を有するホログラムレンズ層におけるその厚みと光利用効率の関係を示すグラフである。

【図 11】本発明の第 3 の実施の形態に係る所定の屈折率差を有するホログラムレンズ層におけるその厚みと光利用効率の関係を示すグラフである。

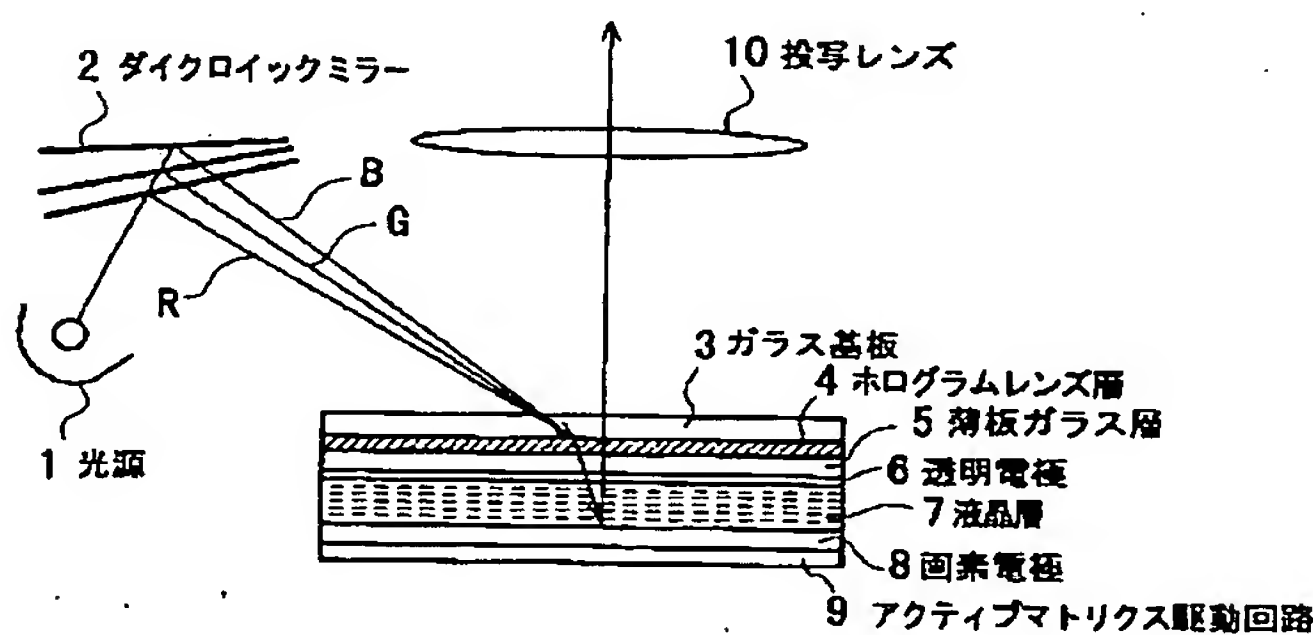
【図 12】ホログラムカラーフィルタを備えた従来の空間光変調素子の構成を示す装置断面図である。

【図 13】従来の空間光変調素子における光分解原理を説明するための構成図である。

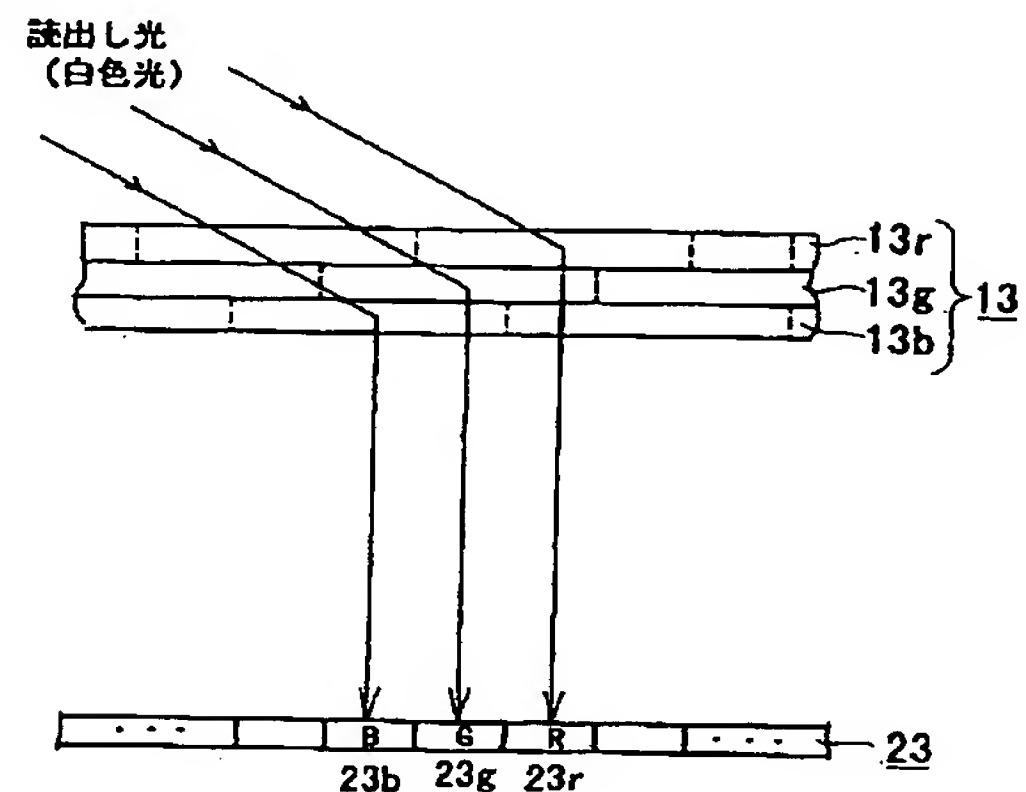
【符号の説明】

- 1 光源
- 2 ダイクロイックミラー
- 3 ガラス基板
- 4 ホログラムレンズ層
- 5 薄板ガラス層
- 6 透明電極
- 7 液晶層
- 8 画素電極
- 9 アクティブマトリクス駆動電極
- 10 投写レンズ

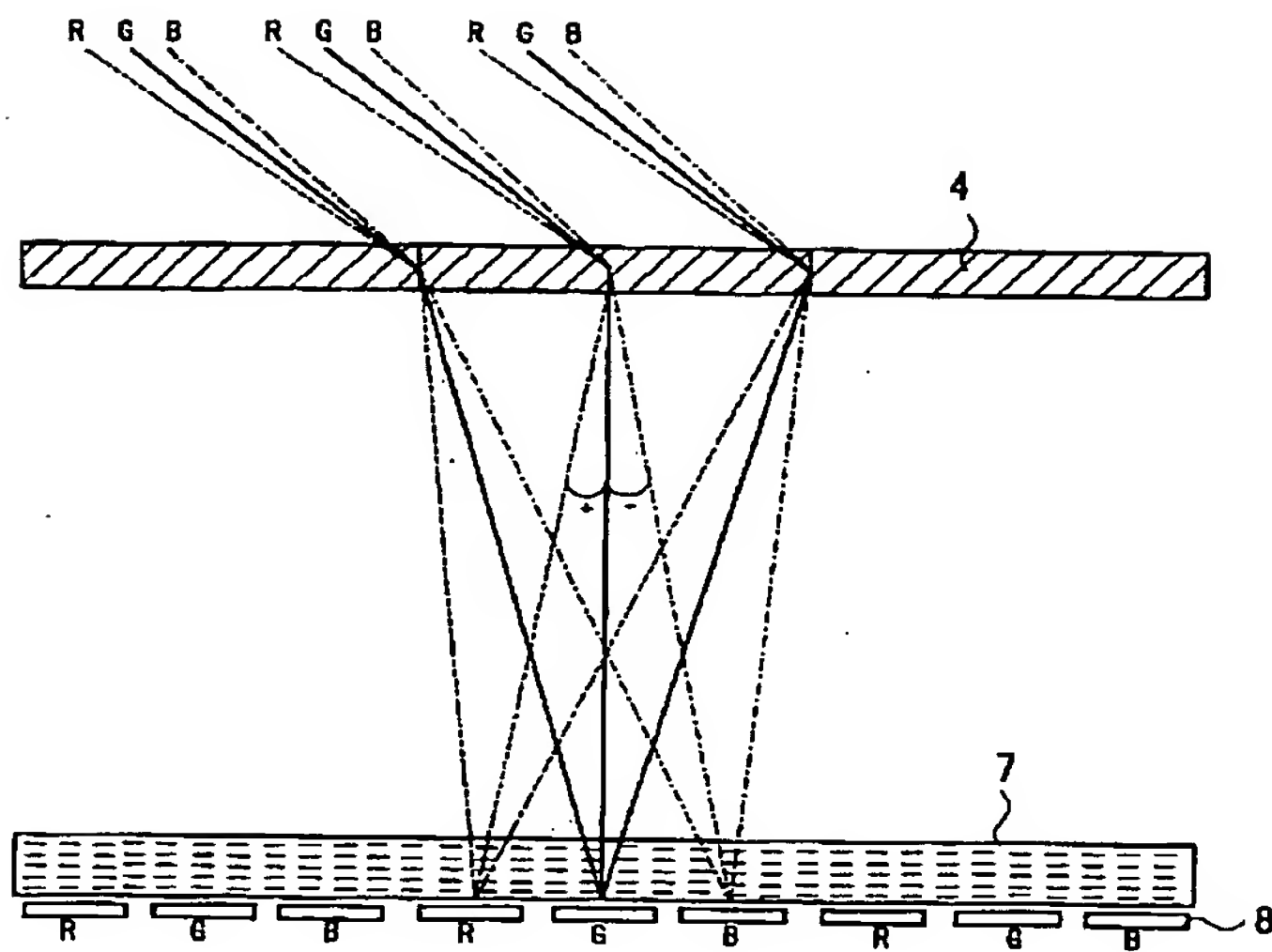
【図 1】



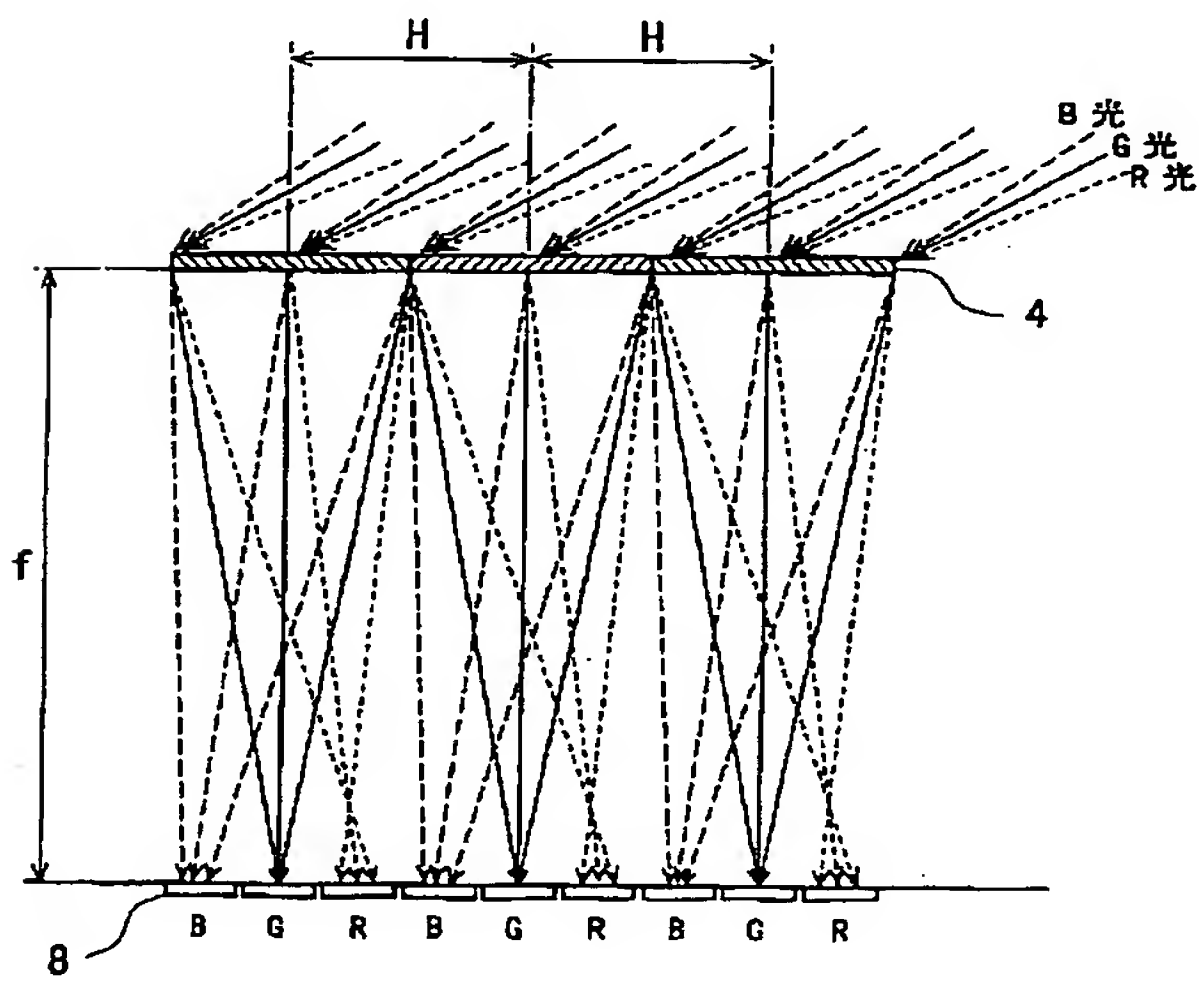
【図 13】



【図 2】

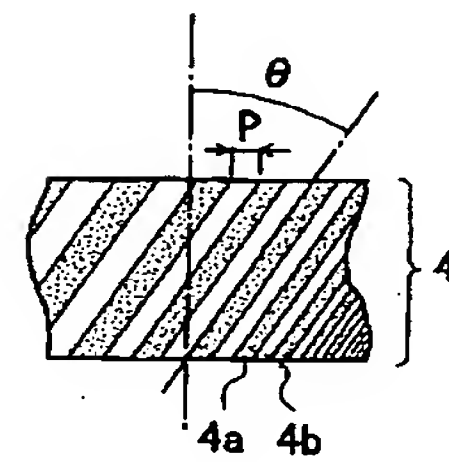
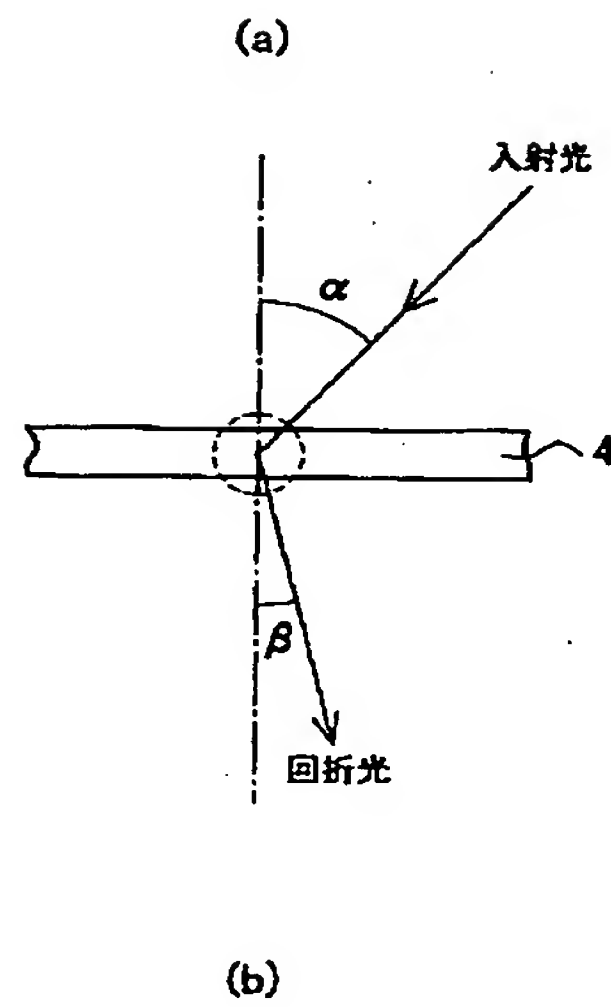


【図 4】

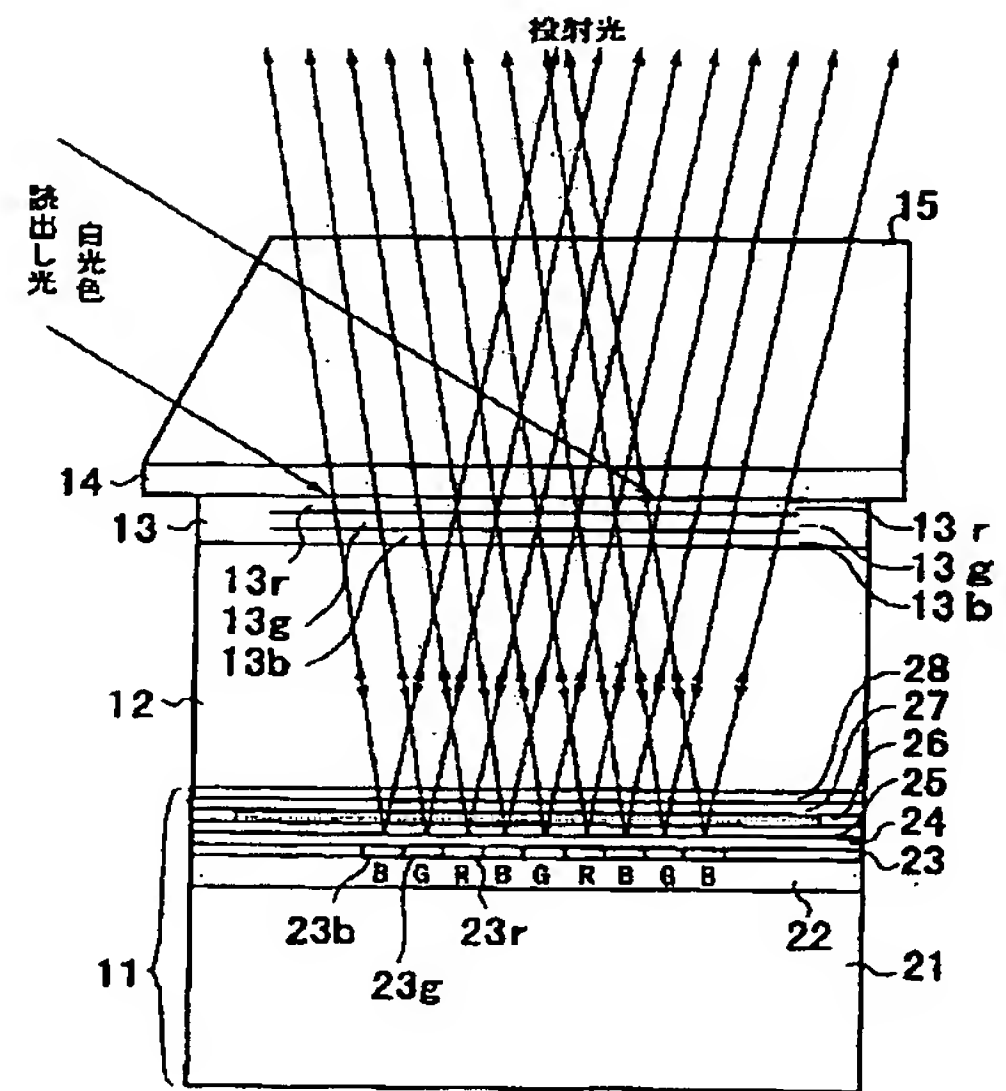


-----> B 450nm
 -----> G 545nm
 -----> R 640nm

【図 5】



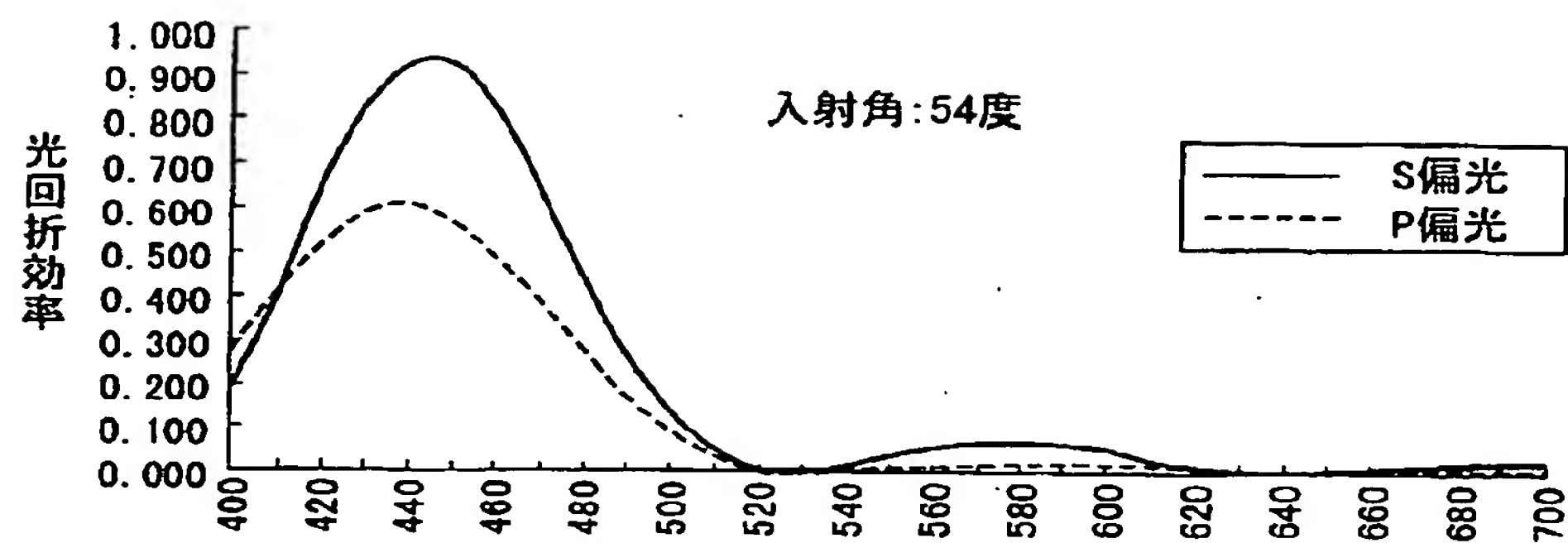
【図 12】



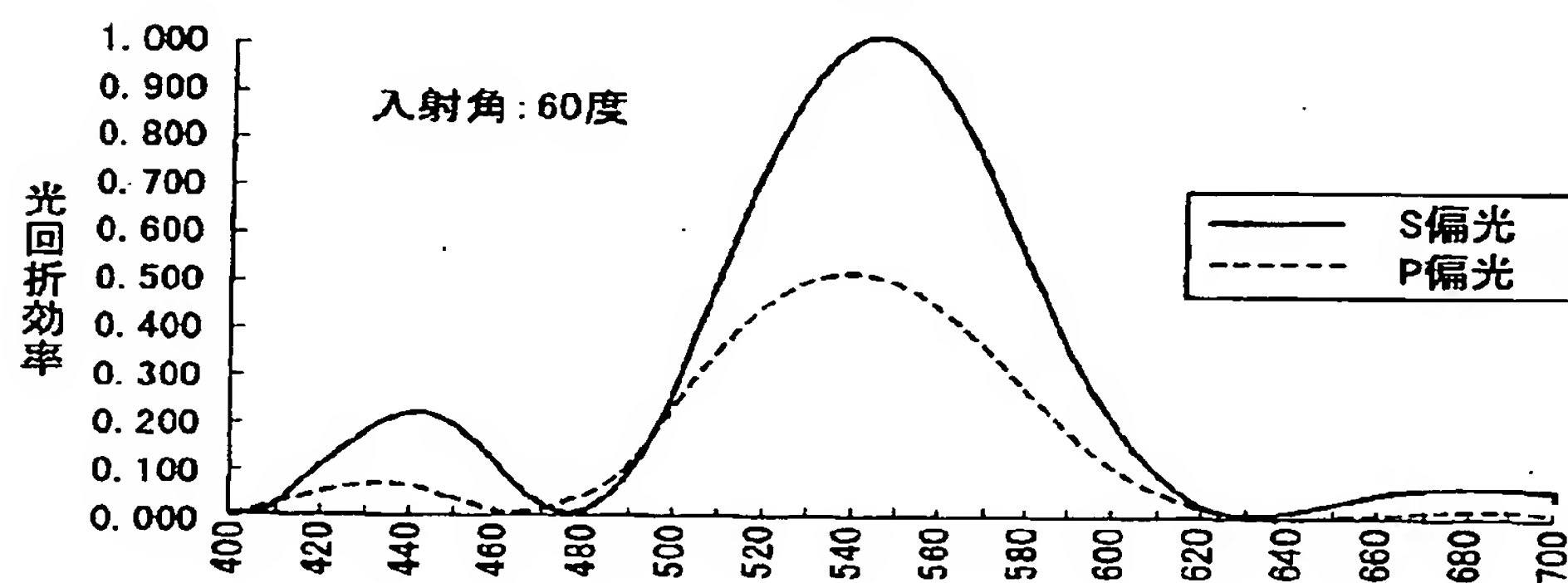
- | | |
|----------------|--------------------|
| 11: 液晶パネル | 21: シリコン基板 |
| 12: 薄板ガラス層 | 22: アクティブマトリクス駆動回路 |
| 13: カラーフィルタ | 23: 画素電極層 |
| 14: ガラス基板 | 24: 誘電体ミラー膜 |
| 15: カップリングプリズム | 25: 配向膜 |
| | 26: 光変調層 |
| | 27: 配向膜 |
| | 28: 共通電極層 |

【図3】

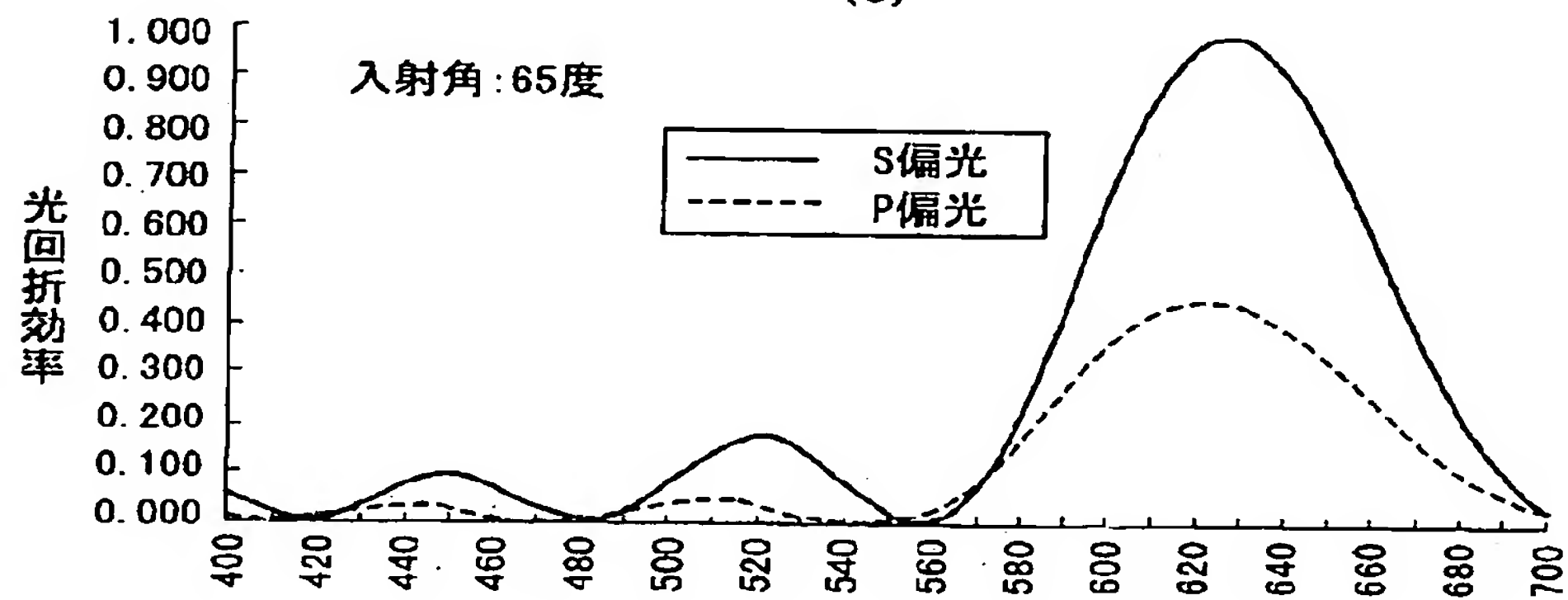
(a)



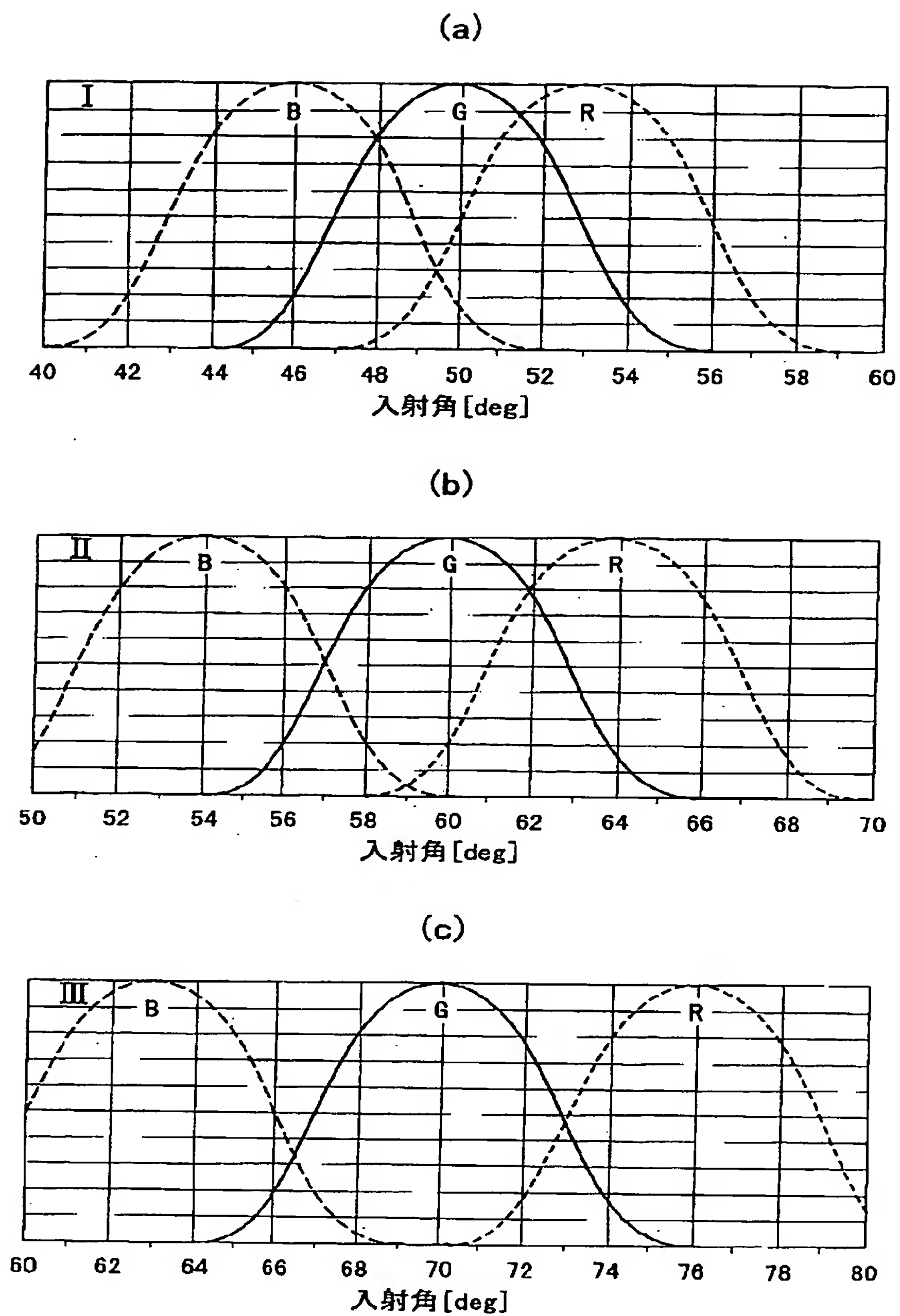
(b)



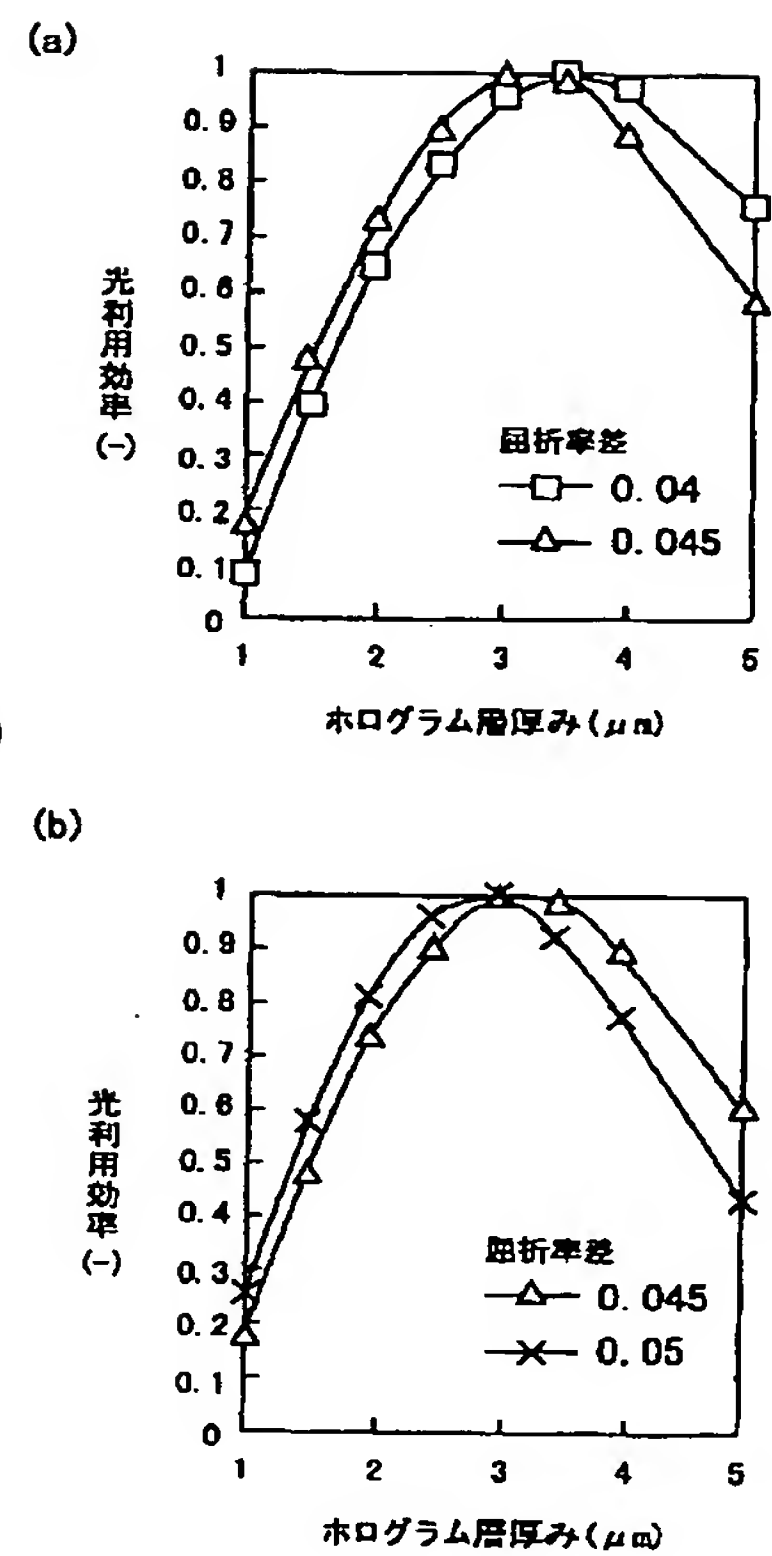
(c)



【図6】



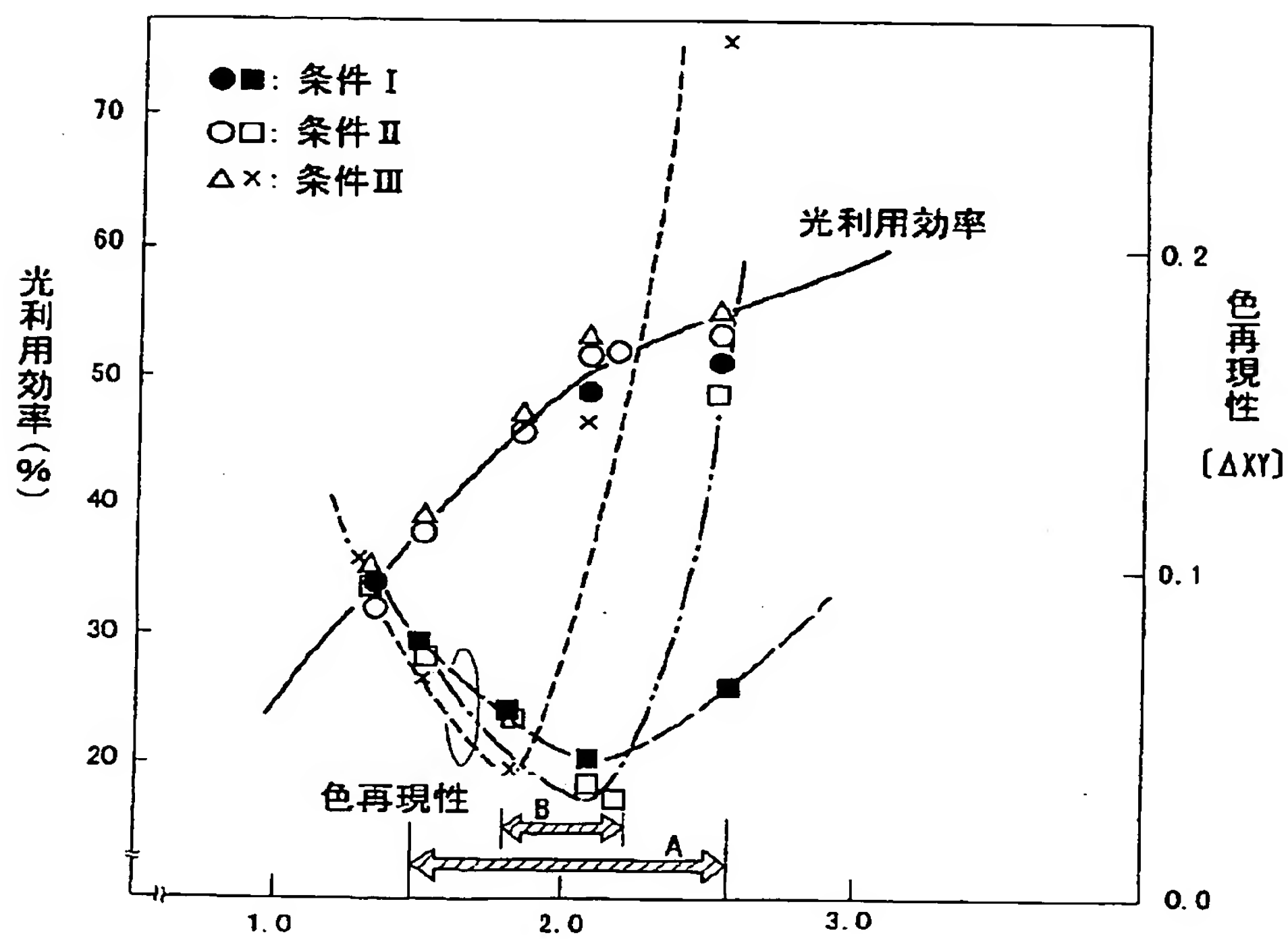
【図10】



【図 7】

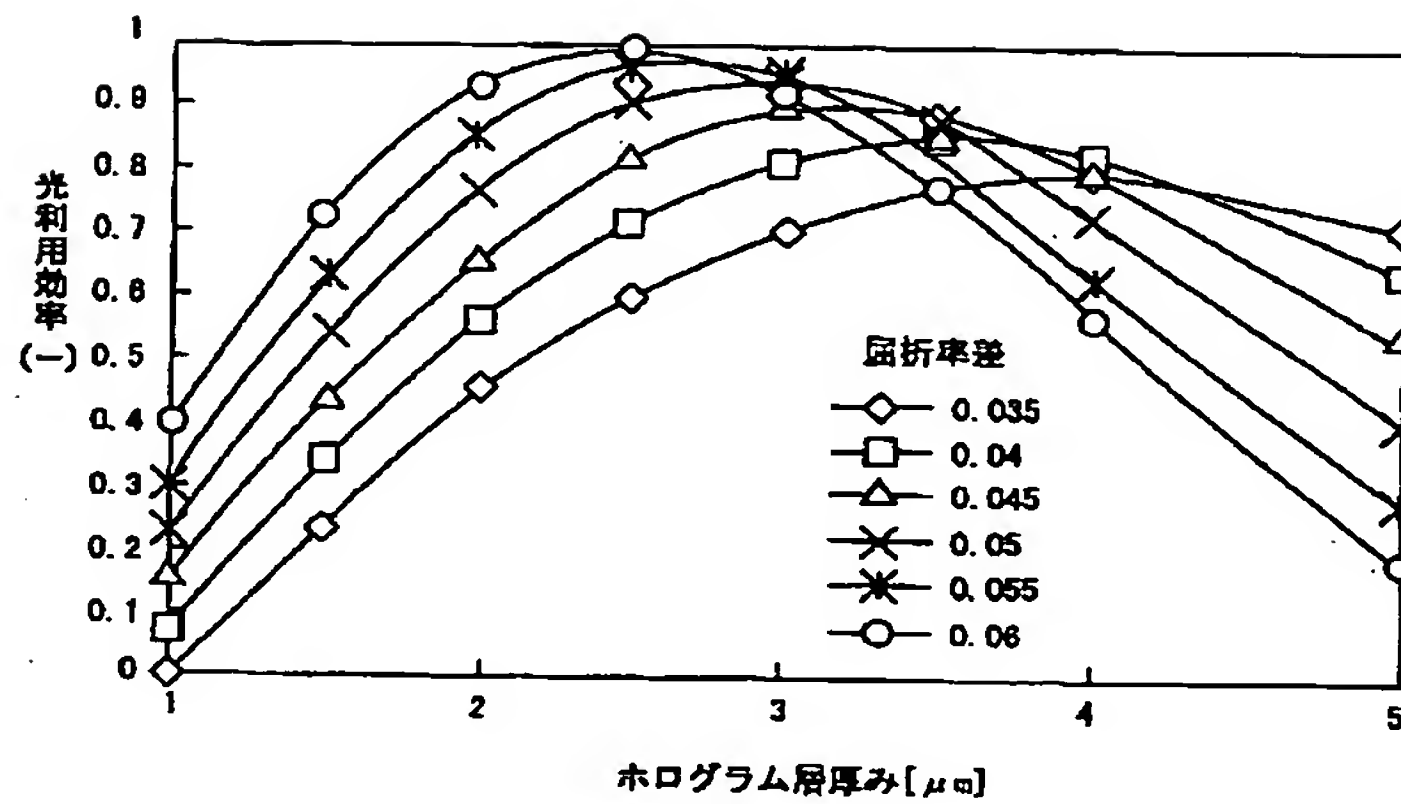
No.	H[μm]	f[μm]	f/H	P[μm]	θ [deg]	E[%]	ΔXY	評価	
I	1	30	39.8	1.33	0.471	25	33	0.097	×
	2	30	45	1.50	0.471	25	38	0.078	△
	3	30	56.3	1.88	0.471	25	48	0.055	○
	4	30	62.3	2.08	0.471	25	48	0.041	○
	5	30	75.3	2.51	0.471	25	52	0.064	△
II	1	30	39.8	1.33	0.418	30	35	0.098	×
	2	30	45	1.50	0.418	30	39	0.072	△
	3	30	58.3	1.88	0.418	30	47	0.055	○
	4	30	62.3	2.08	0.418	30	52	0.032	○
	5	30	84.9	2.16	0.418	30	53	0.029	○
	6	30	75.3	2.51	0.418	30	55	0.055	×
III	1	30	39.8	1.33	0.384	35	32	0.093	×
	2	30	45	1.50	0.384	35	38	0.068	△
	3	30	58.3	1.88	0.384	35	46	0.038	○
	4	30	62.3	2.08	0.384	35	52	0.148	×
	5	30	75.3	2.51	0.384	35	54	0.263	×

【図 8】

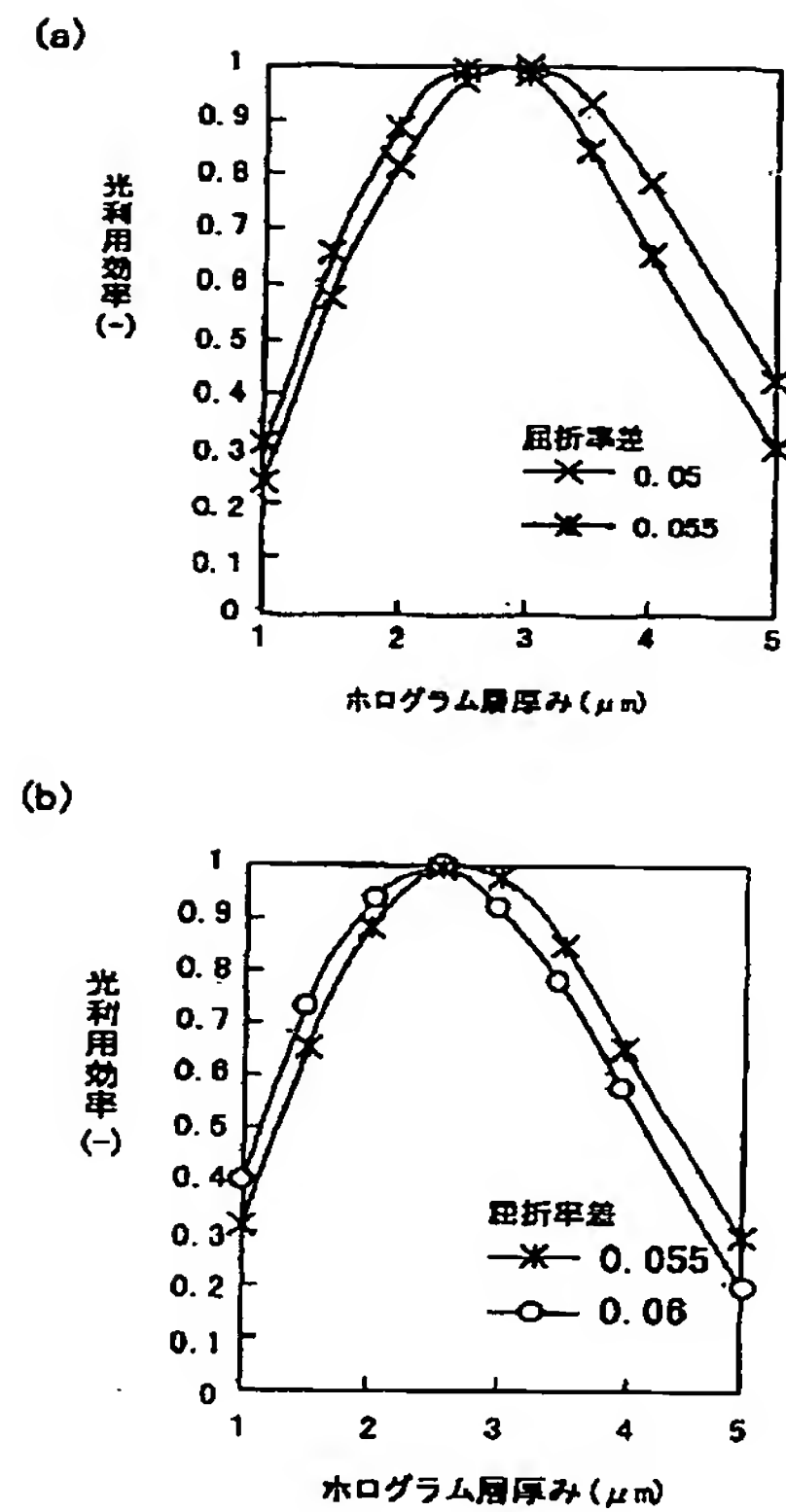


ホログラムレンズ焦点距離(f)/ホログラムレンズ周期(H) [-]

【図 9】



【図 11】



フロントページの続き

(72) 発明者 清水 滋雄
 神奈川県横浜市神奈川区守屋町 3 丁目 12 番
 地 日本ビクター株式会社内

F ターム (参考) 2H088 EA48 HA02 HA13 HA21 HA24
 HA28
 2H091 FA05X FA14Y FA19X FA26X
 FA41X FD01 FD04 GA01
 GA02 GA03 GA13 KA01 LA12
 LA15 MA07
 5G435 AA04 AA17 BB12 BB16 BB17
 CC12 DD06 DD13 FF15 GG02
 GG04 GG12 GG22 LL15